

TRAITÉ

SUR L'ART

DE FAIRE DE BONS MORTIERS.

IMPRIMERIE DE H. FOURNIER,
RUE DE SEINE, N° 14.

TRAITÉ

SUR L'ART

DE FAIRE DE BONS MORTIERS

ET D'EN BIEN DIRIGER L'EMPLOI,

OU

MÉTHODE

GÉNÉRALE PRATIQUE

POUR FABRIQUER EN TOUS PAYS

LA CHAUX, LES CIMENS ET LES MORTIERS

LES MEILLEURS ET LES PLUS ÉCONOMIQUES;

PAR LE COLONEL

RAUCOURT DE CHARLEVILLE,

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, INGÉNIEUR DES PONTS-ET-CHAUSSÉES DE FRANCE, EX-PROFESSEUR DE CONSTRUCTION, MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE SAINT-PÉTERSBOURG, DE PLUSIEURS SOCIÉTÉS SAVANTES, ETC.

Deuxième Édition.

PARIS,

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE

DE MALHER ET CIE,

PASSAGE DAUPHINE.

M DCCC XXVIII.

1828

A LA MEMOIRE

DE M. LE LIEUTENANT-GÉNÉRAL

AUGUSTIN DE BÉTANCOURT, Y MOLINA,

DIRECTEUR-GÉNÉRAL DU CORPS DES VOIES DE COMMUNICATIONS DE RUSSIE,
GRAND CORDON DE L'ORDRE DE SAINT-ALEXANDRE NEWSKY,
CHEVALIER DE L'ORDRE DE SAINT-IAGO D'ALCANTARA,
MEMBRE CORRESPONDANT DE L'INSTITUT ROYAL DES SCIENCES,
DE LA SOCIÉTÉ D'AGRICULTURE DE LONDRES,
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE MUNICH, ETC., ETC.;

SOUVENIR RESPECTUEUX

D'AFFECTION ET DE RECONNAISSANCE

DE L'AUTEUR.

LE COLONEL RAUCOURT DE CHARLEVILLE.

AVANT-PROPOS.

Lorsqu'on ouvre un livre sur l'industrie, dont la lecture n'a pas le plaisir du moment pour objet, comme il en coûte toujours un peu plus ou moins de travail pour l'entendre, on doit être fort empressé de savoir quelle sorte d'utilité on recueillera de sa peine, et dans combien d'ouvrages différens on peut être encore obligé d'étudier le même sujet pour être suffisamment éclairé.

Nous allons répondre, par un simple exposé, à ce premier besoin, qui doit être d'autant plus général, que depuis des siècles on a répété sur les chaux et les mortiers un grand nombre d'opinions contradictoires, toutes soutenues par l'autorité d'auteurs également estimés. Quelques commentateurs modernes ayant ajouté le trouble de leurs idées aux doutes anciens,

la question s'est tellement obscurcie que, tout bien considéré, le public peut trouver pénible d'avoir beaucoup à oublier après avoir beaucoup lu, pour revenir de lassitude aux habitudes locales que la routine a consacrées.

Ainsi que chacun le sait, le premier ouvrage véritablement utile pour la fabrication des mortiers, est dû à M. l'ingénieur Vicat. Voilà dix ans que j'en fais d'heureuses applications aux deux extrémités de l'Europe, et bientôt six que j'ai publié la méthode de fabrication en grand, que l'expérience m'a suggérée.

Cependant les découvertes importantes ne naissent pas comme Minerve, toutes formées : il faut d'ailleurs le secours du temps et de l'expérience pour démontrer leur généralité. Aussi, comme les minéraux qui peuvent servir à la composition des mortiers sont très-variés et leurs combinaisons très-nombreuses, ce n'était que par un travail soutenu, par une investigation profonde, qu'on pouvait faire rentrer dans les prin-

cipes généraux tous les cas particuliers. Si, sans avoir embrassé l'ensemble, on avait conclu de l'un de ces cas seulement, on se serait nécessairement trompé.

C'est ce qui est arrivé sur beaucoup de points. Des praticiens, qui n'avaient peut-être ni le temps ni le matériel convenable, n'ont pas hésité à conclure, d'après quelques essais isolés, que la méthode de M. Vicat était douteuse et peut-être fausse : des hommes instruits n'ont pas craint de publier qu'elle avait besoin d'être confirmée. L'on voulait, d'une part, que les mortiers les meilleurs et les plus économiques fussent toujours faits avec de la terre calcinée ; de l'autre, on tenait pour la chaux et la terre calcinées simultanément ; ailleurs, on parlait de la préférence que méritaient les sables, les grès, etc., tel ou tel procédé de calcination, de composition, etc.

Dès lors, le schisme de la composition des mortiers, étouffé par M. Vicat, reparut sous de nouvelles formes ; et c'est dans ce moment de division, que naquit un volumi-

neux ouvrage, compilation laborieuse, dans lequel, accueillant sans examen toutes les opinions contradictoires, on mit le comble à l'incertitude : ce qui devait tendre nécessairement à décourager le public et même les industriels, chez qui les idées positives de M. Vicat auraient pu germer.

L'auteur a fait plus de vingt citations textuelles de mon Traité sur les mortiers, et je n'ai personnellement qu'à me louer de la manière et de l'exactitude avec lesquelles elles sont présentées; cependant je dois dire, dans l'intérêt de l'art, qu'il est impossible aux praticiens d'en profiter.

Dans sa préface, l'auteur reproche, avec adresse et malignité, à M. Vicat de s'être approprié ses découvertes; mais son ouvrage entier, si j'en juge par ce qui me concerne, absout par le fait ce savant consciencieux et modeste; car il serait impossible de faire surgir de l'ouvrage cité une seule idée applicable; jusqu'au point que celles qui s'y trouvent, y sont présentées de manière à perdre cette propriété.

Par exemple, j'ai fait un choix de certaines compositions de sable, en indiquant le minimum de chaux en volume qui pourra leur être mêlé; je prouve qu'elles seront les meilleures possible, en appuyant mon opinion sur des expériences directes, sur des comparaisons prises dans la nature. Que fait l'auteur? il publie littéralement, en les dépouillant de leurs preuves, mes proportions conjointement avec celles des auteurs anciens et modernes les plus estimés.

Il est facile de prévoir les conséquences de cette omission : que peut être en effet l'opinion d'un ingénieur d'aujourd'hui, quand on cite Vitruve, etc.? Il n'y a que le bon sens, la raison, l'expérience, qui soient d'une autorité plus ancienne et plus révérée.

Pour achever de montrer le degré d'utilité de cet ouvrage pour les applications, bien qu'il soit l'historique le plus complet que je connaisse sur les chaux et les mortiers, il suffira de dire que mes compositions de sable ne peuvent servir, dès qu'elles ne sont pas accompagnées de considérations sur la

composition des terres et des chaux, dont l'auteur les a séparées.

Toutes les fois que les savans et les hommes de l'art ne sont pas d'accord sur des questions d'application, il en résulte deux effets déplorables; les efforts des doctes s'épuisent en discussions vaines, et par suite la persévérance et la confiance du public en sont toujours diminuées : c'est une double improduction.

En fait d'ouvrages qui tendent au perfectionnement des arts, un bon genre de critique est d'en faire de meilleurs; si l'on y parvient, l'industrie y gagne; si l'on s'est trompé, le bien que devait produire l'ouvrage utile n'a pas été entravé.

Il est bien encore un parti à prendre, et que je regarde comme le meilleur, c'est d'en faire des applications : c'est ce que j'ai fait depuis plusieurs années; j'ai aussi trouvé des anomalies, et combien? par milliers : mais je n'en ai rien dit; j'ai pressenti que la question devait être plus approfondie, que je n'aurais rien appris d'utile à personne, et que je pou-

vais beaucoup nuire ; j'ai bien fait, car lorsque j'ai été plus éclairé, j'ai reconnu que les conclusions que m'avaient inspirées les faits mal jugés étaient plus ou moins erronées.

Des ingénieurs militaires, des architectes, des constructeurs, et principalement les ingénieurs des ponts-et-chaussées, ont pris ce dernier parti ; nous pourrions en citer beaucoup en Pologne, en Suède, en Russie, en Allemagne et principalement en France. Ils ont fait des applications utiles dans le silence, et tous les hommes de bien qui s'intéressent au perfectionnement de l'industrie, aux progrès des arts de construction, doivent particulièrement leur en savoir gré; on leur doit l'évidence des faits, de la réussite, devant lesquels il est impossible de reculer, de ne pas se rendre.

Ils ont constaté que partout, et par plusieurs voies assurées, on peut faire d'excellens mortiers. Le développement hâtif et fécond de cette découverte qui doit avoir une influence très-marquée sur la durée des constructions modernes, et qui intéresse toutes les nations,

peut être honorablement placé parmi les services que l'instruction donnée à l'école Polytechnique a rendus aux sciences, aux arts, à l'industrie, et par suite à l'humanité.

D'après cet exposé, on peut résumer ainsi l'état présent des connaissances : plusieurs découvertes importantes ont été faites sur la confection des mortiers, elles ont été éprouvées et reconnues par les constructeurs les plus estimés. Il s'est bien élevé des dissidences, des doutes, cortège bruyant qui, par la nature de l'esprit humain, accompagne long-temps la vérité; mais ils ont disparu devant l'expérience; c'est ce que peuvent constater en tous lieux les constructeurs qui ne s'en rapportent qu'à eux-mêmes.

La plus grande difficulté qui pouvait se présenter, après avoir découvert que l'on pouvait composer de toutes pièces des mortiers factices de la meilleure qualité, était de se faire une idée, suffisamment exacte pour la pratique, de cette composition constante qui devait être une : il fallait aussi faire

connaître au constructeur un moyen pratique de distinguer, dans les minéraux de chaque localité, les élémens désirés ; et par suite un procédé certain, pour les rassembler entre eux dans les proportions voulues.

Nous croyons avoir rempli cette lacune en publiant ce Traité, qui n'est point scientifique, mais essentiellement pratique; il renferme une méthode générale de composition des mortiers, qui est entièrement le fruit de l'expérience; elle est usuelle, approximative, mais exempte d'incertitude, et applicable à tous les cas. Tirée des faits, de la nature des choses, cette méthode restera la même dans sa manière de procéder, quels que soient les progrès scientifiques de la théorie des mortiers; enfin elle est nouvelle, et son étude peut donner, à quiconque veut construire avec économie et solidité, la conscience d'avoir bien fait; en la suivant partout où l'on trouve de la chaux, de la terre et du sable, on peut, sans perte de temps ni d'argent, composer le meilleur mortier.

Comme nous avons beaucoup appliqué et

toujours réussi, nous sommes fondés à penser que la connaissance de notre méthode doit éloigner des praticiens les nombreuses causes d'incertitude qui, depuis Vitruwe, paralysent tous les efforts : ne laissant plus de créance aux recettes empiriques, de ressources au vague des systèmes, de prise au doute, nous serions remplis de confiance si nous pouvions donner, avec nos idées sur la composition et la fabrication, l'habitude des manipulations; élémens de réussite indispensables dans les applications des arts, mais que l'expérience seule peut donner.

En supposant que nous ayons mis assez d'ordre, de méthode et de clarté dans l'exposition de nos principes et de nos procédés, pour être assurés de les communiquer, notre Traité pourra particulièrement intéresser les classes nombreuses d'industriels qui doivent nécessairement en retirer des services; par exemple : les spéculateurs, pour tirer parti des nouveaux produits qui leur sont signalés; les constructeurs, pour réunir dans leurs travaux la salubrité à la

solidité et à l'économie; les entrepreneurs, pour fabriquer les produits qu'on leur demande avec moins de temps et d'argent; les propriétaires, pour avoir des préférences motivées, et ne jamais être trompés; les administrateurs, pour faire naître de nouvelles industries, et éclairer le public sur leur utilité; les écoles, pour former des élèves qui puissent faire des applications immédiates avec facilité. Mais d'autre part ce traité, entièrement pratique, n'est point à l'usage des personnes qui veulent faire avancer la science, ou prendre acte de ses progrès. Il ne faudrait pas y chercher les jeux d'affinités, la théorie savante des mortiers, etc., etc.; ce qu'on peut gagner à nous lire, c'est une théorie de l'art, un savoir de praticien, de maçon, pour composer et fabriquer en grand des mortiers bons et économiques.

Cependant, il ne suffit pas d'avoir fait un ouvrage producteur, on sait bien qu'il n'a de valeur qu'autant qu'il est employé. Or, il est reconnu que les choses les plus utiles ont souvent de la peine à s'établir, en

vertu des habitudes prises qu'elles font rompre, des intérêts personnels qu'il faut froisser : d'un autre côté, les Anglais exceptés, on n'attache pas encore assez de prix en Europe aux détails de manutention, dont l'observation rigoureuse, je dirai même minutieuse, est une des ressources de l'industrie, un de ses moyens les plus féconds de prospérité. On concevra donc qu'il est nécessaire, pour faire adopter de nouveaux procédés, non-seulement d'en appeler aux personnes de l'art, à celles qui peuvent y trouver un intérêt, mais encore aux notoriétés qui, par leurs lumières, leurs fonctions, et leur amour du bien public, s'occupent des intérêts généraux de la société. Ce n'est que par leur influence réunie, que l'on peut espérer voir sortir le public de cet état d'insouciance, où l'on est généralement sur la composition des mortiers.

Les questions relatives à cette confection sont infiniment plus intéressantes qu'on ne le croit communément : car s'il est utile de rechercher quelle est l'espèce de matériaux

qui doit donner aux édifices publics et particuliers le plus de solidité, il n'est pas moins intéressant de s'assurer de la qualité des mortiers qui doivent servir à les relier. Cette vérité n'est pas généralement sentie, parce que les conséquences en sont trop éloignées. S'il s'agissait d'un tissu, dont la chaîne aurait été choisie et payée cher pour l'avoir forte, on n'aurait pas le même degré d'insouciance pour la trame; cependant, dans l'art de bâtir plus qu'ailleurs, ce choix de matières élémentaires homogènes est commandé, non-seulement par la solidité et la véritable économie, mais encore par la salubrité. L'on conçoit que lorsqu'il n'était aucun moyen de s'entendre, que tout était chaos, exceptions, on ait pu renoncer à s'occuper de la confection des mortiers; mais aujourd'hui qu'il existe une méthode certaine, il peut être utile et profitable aux propriétaires, aux constructeurs, etc., de s'en occuper. Lorsque leur fabrication sera bien entendue, on pourra, sans plus de dépense, doubler la durée des édifices et décupler celle des enduits.

Si l'on considère un instant l'énorme consommation de mortier qui se fait en France chaque année, ne fût-ce qu'en réparations, on verra quelle source étonnante de richesse serait créée, par l'adoption générale d'une bonne méthode pour la fabrication des mortiers.

C'est une branche d'industrie qui est tout entière à exploiter; elle offre des bénéfices certains, car la fabrication des mortiers ne peut être bien exercée, que lorsqu'elle sera devenue l'objet d'une profession particulière. On doit donc chercher à établir des fabriques de chaux et de mortiers; et de même qu'on achète chez les marchands de peinture les couleurs pour peindre les bâtimens, plutôt que de laver, calciner ou broyer les ocres, les sels, etc.; de même on achettera chez le fabricant, les mortiers dont on aura besoin pour maçonner : il pourrait être même avantageux aux industriels de former des ouvriers qui seraient plus propres que d'autres au bon emploi de ces mortiers; ils pourraient alors entreprendre des répa-

rations à forfait, en les assurant pour un certain nombre d'années; c'est un nouvel état et de nouveaux bénéfices à exploiter.

On trouvera réuni dans ce traité tout ce peut servir à asseoir, à développer ce genre d'industrie : cependant malgré tous nos efforts, nous devons en prévenir les bons esprits, les hommes ingénieux, il reste encore beaucoup à faire pour la manutention, la forme des fours, l'emploi des combustibles, pour le perfectionnement des machines à broyer, à mêler, à laver, à passer, etc. Le choix et la formation des ouvriers, leur application constante aux mêmes manutentions, sont aussi d'un grand intérêt. J'ai dirigé souvent plusieurs ateliers à la fois, dans lesquels on employait les mêmes matériaux; cependant les mortiers étaient bons dans l'un et mauvais dans l'autre, par le seul fait des ouvriers : je ne suis pas toujours parvenu à les former, il fallait les remplacer par d'autres: il n'est pas de métier qui n'éprouve de semblables difficultés. Une fois les ouvriers formés, on ne doit plus les changer; ils se

perfectionnent tous les jours. L'on trouvera dans cet ouvrage des choses de détails que des hommes simples m'ont enseignées, et que je ne pouvais apprendre que par eux. Je crois donc que je ferais aujourd'hui un assez bon fabricant de mortier. Une fois dans ma vie, j'ai aussi été un assez bon lithographe; mais depuis l'ouvrage que j'ai publié sur la lithographie, sans avoir rien fait pour la théorie, on a poussé la manutention beaucoup plus loin que je n'avais pu le faire. J'espère bien qu'il en sera de même pour la fabrication des mortiers.

EXPOSITION.

Peu de terres sont aussi communes que la chaux, principalement employée dans les constructions. Il existe peu de substances analogues qui aient autant exercé la patience et la sagacité des savans et des constructeurs : vingt siècles n'avaient rien appris de positif sur cette inconcevable substance ; ce protée minéral échappait aux regards les plus pénétrans, et si l'on savait le saisir une fois, les moyens que l'on avait mis en jeu ne pouvaient servir pour un autre.

Ce ne fut qu'à l'époque où les sciences chimiques prirent un essor si extraordinaire, en offrant aux arts des sources de prospérité nouvelles, que l'on parvint à constater que ce n'était pas à la chaux pure que l'on devait les compositions insolubles dans l'eau, si judicieusement recherchées par les constructeurs ; mais qu'en général il fallait la mélanger avec d'autres substances, pour qu'elle acquît les propriétés qu'on lui avait particulièrement attribuées.

Ces découvertes, qui étaient beaucoup pour la science, se trouvaient presque sans utilité pour les

applications. Je me souviendrai toujours, avec les ingénieurs de mon temps, de leur inutilité sur le chantier; aucun de nous n'ayant à sa disposition, ni oxide de fer ou de manganèse, ni silice en gelée, et d'ailleurs les diverses manipulations indiquées étant ou dispendieuses ou inapplicables.

Forcé, dans les différentes localités où l'on dirigeait des travaux, de se laisser guider par les habitudes des ouvriers, que l'on corrigeait timidement d'après quelques préceptes généraux, plus d'un constructeur avait eu à souffrir de l'obscurité de la science, lorsque M. Vicat, ingénieur des ponts-et-chaussées de France, fit enfin connaître un moyen d'avoir de bons mortiers, applicable sur les chantiers.

J'employai immédiatement ces procédés aux travaux du port de Toulon. On cessa d'y employer la pouzzolane; de grandes économies furent effectuées; et mettant à profit les moyens de manutention que j'avais à ma disposition, je résolus de suivre les traces de M. Vicat, jusqu'à ce que la composition des mortiers et leur emploi dans les constructions, ne me laissassent plus d'incertitude.

Je cherchai d'abord à fixer la quantité d'argile qui devait rigoureusement être mêlée aux chaux pour avoir un résultat voulu, le genre et le degré de cuisson à préférer. J'ignorais d'ailleurs si la même quantité de chaux pouvait convenir à tous les sables,

la même quantité d'eau aux mêmes chaux : pouvait-on conserver les mortiers fabriqués quelques jours d'avance? les remouiller? les rebroyer? quelle perte de qualité en résulterait-il? etc., etc. Ces questions et beaucoup d'autres, qu'il était indispensable de résoudre pour que la connaissance des mortiers fît enfin partie de la science de l'ingénieur, avaient été jusque-là enveloppées de la plus profonde obscurité.

A mon arrivée à Saint-Pétersbourg en 1821, feu M. de Bétancourt, directeur général des voies de communication de Russie, si connu par son génie inventif, son amour pour les sciences et les arts, et la protection éclairée qu'il leur accorda toute sa vie, fut frappé des résultats que j'avais obtenus en France par l'application en grand des procédés de M. l'ingénieur Vicat. Comme beaucoup de travaux des voies de communication de Russie ne pouvaient s'exécuter par la difficulté de se procurer de bons mortiers, le directeur général me chargea de la construction du pont de Narva, à la charge de continuer mes expériences et d'en publier les résultats [1].

1. Des piles de pont, construites en maçonnerie sur une rivière assez considérable, venaient d'être emportées, et l'on regardait comme impossible que l'on pût en faire un sur la Narowa, fleuve qui a de 10 à 15 pieds de vitesse par seconde et plus de 30 pieds de profondeur. D'un autre côté, la chaux de Narva passait pour ne rien valoir : elle fusait si mal que l'on était réduit à acheter au loin une chaux commune pour les bonnes constructions de la ville. Cependant il

Placé entre les puissans encouragemens de M. de Bétancourt, et ce que m'avait appris mon savant confrère M. Vicat, je constatai l'extrême généralité de ses procédés, en les voyant réussir sur toutes les chaux et avec toutes les terres qui m'étaient envoyées des différens gouvernemens du vaste empire dans lequel je devais les propager. Je fis toutes les expériences nouvelles qui me parurent indispensables pour établir d'une manière bien positive les moyens d'applications : et j'arrivai par des approximations suffisantes à une science de composition des mortiers, à des règles si invariables, et je ramenai l'art de les employer à des faits tellement définis, qu'il ne pouvait rester aucune incertitude au milieu du grand nombre d'élémens différens que nous présente la nature, et des combinaisons plus grandes encore qu'ils peuvent donner.

Ce travail, que je dédiai à son principal auteur, feu M. de Bétancourt, directeur général des voies de communication, fut publié en français à Pétersbourg en 1822, in-4°; avec le titre de *Traité sur l'art de faire de bons mortiers, précédé d'expériences récentes sur les chaux de France et de Russie.*

En 1825, le grand duc Nicolas, actuellement

advint que cette mauvaise chaux était une excellente chaux très-hydraulique, qui ne demandait qu'à être broyée pour donner un démenti à tous les maçons du pays. Aussi les piles du pont de Narva sont en béton fait avec cette chaux et s'en trouvent bien.

empereur de Russie, qui commandait alors le génie militaire, et dont les lumières allaient au-devant de tout ce qui pouvait être utile à son pays, me fit demander un extrait de mon ouvrage, pour le faire traduire et imprimer en russe.

N'ayant plus besoin des preuves que j'avais scrupuleusement rassemblées dans la première publication, et n'ayant d'autre but que d'être utile aux constructeurs, je ne conservai dans l'extrait que l'exposé des faits et les préceptes qui en sont les conséquences. L'ouvrage ainsi réduit devenait plus facile à consulter, et par cela même plus généralement applicable.

L'édition de 1822 ayant été entièrement épuisée en Russie, il devenait indispensable d'en faire une nouvelle pour satisfaire aux demandes qui en étaient faites dans le Nord. Je pensais alors que quelques exemplaires que j'avais envoyés au midi, avaient suffi pour y éveiller l'attention de personnes qui auraient propagé mes résultats d'une manière plus satisfaisante que je n'aurais pu le faire : mais dans le long voyage d'investigation que je viens de terminer en revenant en France, j'ai acquis la conviction que rien n'a été fait à cet égard, et que mon ouvrage est resté d'une utilité générale. En effet, si l'on possède de plus savans et de plus importans ouvrages sur les mortiers, aucun n'offre, que je sache, la solution complète de leur composition,

comme on la trouve développée dans mon traité; c'est-à-dire, de manière à satisfaire complètement le praticien : ce qui tient probablement à ce que je l'ai faite pour ma propre instruction. Je lui dois la certitude avec laquelle j'opère maintenant sur le chantier. Toutes les idées dont il se compose sont tirées de l'expérience ; il fallait être ingénieur, industriel, et obligé par état de vivre au milieu des matériaux et des travailleurs, pour les recueillir et en former une espèce de science, ou savoir d'atelier ; aussi l'on y trouve des définitions assez rigoureuses pour l'ouvrier, et fort incomplètes en elles-mêmes, des analyses fort utiles pour le maçon, mais plus qu'insuffisantes pour le savant; enfin l'on y a quitté les formes rigoureuses de la science pour y prendre un langage figuré, qui n'embrasse la vérité qu'en partie, pour y conduire autant que possible avec simplicité et certitude.

J'ai beaucoup combattu avant que de me soumettre, mais la nécessité m'a réduit; elle m'a contraint de reconnaître que les infiniment petits du laboratoire disparaissent sur le chantier; que là tout se présente en monceaux hétérogènes, et que l'on doit renoncer à tous les aperçus de détails, sous peine d'être minutieusement inutile. L'attention doit être dirigée sur les masses élémentaires agissantes, au milieu desquelles se fondent une infinité de corps différens, dont la présence s'évalue

sans qu'il soit nécessaire de les isoler entre eux.

Aussi, dans tout le cours de cet ouvrage, ne rappelons-nous jamais qu'il peut entrer tel ou tel oxide dans la composition des mortiers; mais considérant tout bon mortier comme le résultat d'une affinité chimique, c'est-à-dire d'une combinaison qui n'a lieu qu'entre des parties infiniment divisées, nous avons séparé tous les élémens dont ils se composent en deux parties :

Les élémens chimiques ou poudre impalpable, qui, mêlés avec de l'eau, forment la partie liquide et enveloppante des mortiers;

Les élémens en grains ou sable, dont la présence ne peut changer la nature des poudres, des liquides, et qui forme la partie solide et enveloppée des mortiers.

Les poudres peuvent être, ou de la chaux pure, ou une poudre terreuse quelconque qui agit chimiquement sur la chaux, forme avec elle une combinaison intime qui durcit dans l'eau, produit le meilleur mortier, et que nous avons nommée base hydraulique; ou bien encore, une poudre terreuse qui se mêle à la chaux sans changer sa nature, et que nous nommerons base ordinaire : ainsi les sables, ne pouvant pas changer la nature des chaux, sont aussi des bases ordinaires.

Tels sont les seuls composans que nous distinguons dans les mortiers; et ces trois élémens, chaux,

base hydraulique et base ordinaire, suffisent pour définir toutes les substances qu'on emploie pour les composer; par exemple :

Les chaux communes ou maigres non hydrauliques sont des combinaisons de chaux pures et base ordinaire.

Les chaux maigres hydrauliques sont des combinaisons de chaux pures et base hydraulique, souvent mêlées à des bases ordinaires.

Les terres cuites et pouzzolanes sont des mélanges de base hydraulique et base ordinaire.

Les sables et les bases ordinaires, étant insolubles dans l'eau, sont les parties enveloppées des mortiers.

La chaux et la base hydrauliques, étant solubles, en sont les parties enveloppantes.

Telle est la division élémentaire que nous avons préférée à de plus savantes, comme étant la seule qui puisse lever les incertitudes du constructeur.

Ainsi, nous n'apercevons partout que trois élémens, et tout notre savoir se réduit à évaluer, dans les minéraux à mélanger, quelles sont les quantités de chacun en particulier, et selon les analyses partielles, à les réunir dans les proportions qui doivent fournir les meilleurs mortiers : proportion constante trouvée par l'observation, et par laquelle on sait enfin, que le meilleur mortier possible, se compose approximativement de : un demi

de chaux pure en poids, combiné à un demi de base hydraulique [1], comme partie enveloppante, dont le minimum qui puisse être mêlé en volume, aux sables ou parties enveloppées, est égal à la somme des vides que leurs élémens laissent entre eux.

L'on trouvera les développemens de ces divers énoncés dans le cours de cet ouvrage.

La première partie, ou science de composition des mortiers, contient les définitions et études particulières des élémens, une théorie complète des sables, que je crois entièrement neuve, qui sert à diriger le choix et à fixer leurs proportions dans tous leurs mélanges avec la chaux et les terres.

L'on trouve ensuite les analyses pratiques qui doivent être faites pour distinguer la nature et les propriétés des substances complexes tirées de la carrière; la composition, l'analyse et les prix comparatifs de tous les mortiers possibles; leur manipulation et leurs diverses résistances [2]; on finit par la solution des questions précitées, si intéressantes pour le constructeur, et l'on peut rigoureusement ap-

1. La proportion rigoureuse de base hydraulique n'étant pas encore connue, nous avons pris le maximum possible. C'est une manière de se rendre compte, une hypothèse qui n'offre en application aucun inconvénient.

2. Presque toutes les considérations éloignées, d'après lesquelles nous avons établi approximativement des règles générales indispensables au praticien, ont été tirées de l'ouvrage de M. Vicat.

précier l'emploi des chaux vives, des chaux délavées, des chaux séchées et rebroyées, ainsi que la limite après laquelle elles ne peuvent plus servir.

La seconde partie contient les moyens d'application en grand, différens procédés nouveaux et économiques de cuisson et de fabrication des pouzzolanes et chaux hydrauliques factices; les fours, les machines, pour éteindre, broyer, passer, trier, mêler; enfin l'on indique plusieurs sortes d'industries, auxquelles la méthode certaine de composition des mortiers doit donner naissance, ainsi que le choix à faire des diverses qualités des mortiers dans la construction des édifices, afin de concilier deux conditions, qui ne sont pas toujours opposées entre elles, la solidité et l'économie.

Considéré dans son ensemble, cet ouvrage est la réunion de plusieurs spécialités qui n'ont jamais été réunies, et dont l'accord manquait à l'industrie, savoir : d'une méthode pratique de composition des mortiers, qui est nouvelle; de l'art du chaufournier, qui est bien vieux et qui n'en est guère plus avancé; et des connaissances que doit posséder le constructeur, le maçon, pour mettre en œuvre les chaux, les cimens et les mortiers. Considéré en général, il renferme les preuves de plusieurs vérités que l'expérience a révélées, et qui ne sont pas encore très-répandues. En voici quelques-unes.

1° *Les mêmes substances par des différences de*

manipulation souvent inappréciables, donnent des produits très-différens, et développent même des qualités opposées. (art. 46 et 74.)

Ce qui impose l'obligation de ne plus rapporter tout à la nature des élémens communs, d'étudier les bonnes méthodes de confection, de former des gens intelligens pour les appliquer, et de ne faire l'analyse des composans que par les mêmes moyens qui doivent servir à les mettre en œuvre.

2° *Deux mortiers également hydrauliques, et entre lesquels la vieille notation n'établit pas de différence, peuvent avoir des prix très-différens, et ne pas convenir aux mêmes usages.* (art. 71.)

D'où l'on voit que pour motiver une préférence, il ne suffit pas de constater que telle chaux est hydraulique ; et, pour soi comme pour le public, il faut établir rigoureusement ses propriétés comme chaux isolée, les qualités qu'elles développent dans ses principaux usages, son prix sur place, son prix d'exportation; et ce n'est qu'en débattant entre elles ces quatre données, que chacun selon ses besoins peut judiciairement choisir.

3° *Les chaux, les terres et les sables, dans leurs mélanges doubles ou triples, doivent varier de proportions dès que l'on change l'un quelconque des composans, pour un composant de nom identique; par exemple, une chaux hydraulique par une chaux également hydraulique.* (chap. IV.)

Aucune règle générale, avec la vieille notation, ne peut donc être donnée pour fixer les proportions, puisqu'elles dépendent individuellement des composans, qui sont par elle très-mal définis.

Ce seul exemple suffira pour montrer comment nous avons été forcés de faire des observations nouvelles et des distinctions suffisantes, pour que des élémens dissemblables ne portent pas les mêmes noms. Seulement alors nous avons pu établir des règles que nous pouvons nommer rigoureuses; mais il faut des hommes intelligens pour s'en servir, et la force des choses impose l'obligation aux praticiens d'étudier particulièrement la science de composition des mortiers, afin d'indiquer aux ouvriers de chaque localité le choix et les proportions des élémens des mortiers, les opérations à faire pour les confectionner, et les moyens d'emploi qui, dans chaque cas particulier, doivent avoir la préférence.

4° *En général, partout où l'on trouve de la chaux, de la terre et du sable, on peut faire les meilleurs mortiers hydrauliques, c'est-à-dire le meilleur possible, soit qu'on l'emploie à l'eau ou à l'air.* (art. 46.)

Ainsi la découverte d'une chaux naturelle très-hydraulique n'a d'intérêt que pour la localité où on la trouve; et les personnes qui en parlent sans autre examen, comme d'une chose qui doit intéresser au-delà, peuvent faire tomber dans deux erreurs très-prononcées : car cette chaux n'est

avantageuse, même sur le lieu dont on l'extrait, qu'autant qu'on ne peut pas en faire de meilleures et de plus économiques avec les chaux et les terres de la localité explorée, ou avec celles circonvoisines. Enfin, lors même qu'elle l'emporterait par ces deux propriétés, il serait possible qu'à la plus petite distance le prix du transport l'ait rendu plus coûteuse que des chaux factices fabriquées sur les lieux où elle est transportée.

5° *On peut corriger par une bonne composition l'influence d'une mauvaise manipulation, et réciproquement; et ces influences sont si puissantes, que très-peu d'élémens peuvent résister à leurs efforts réunis.* (art. 59, 74, 85 et 93.)

D'où l'on voit que pour former l'opinion sur les chaux d'une certaine localité, il ne suffit pas d'avoir trouvé une chaux hydraulique ou d'en avoir fait une factice; il faut, pour être véritablement utile, et agir avec connaissance de cause, réunir les pierres à chaux, les sables et terres des lieux circonvoisins, les analyser par notre méthode pratique, et détailler pour chacun les manipulations à préférer, sans oublier les prix respectifs.

Alors on peut conclure en toute assurance que pour telle localité on doit préférer telle chaux, sable ou terre, tel mode de confection, et jusqu'à quelle distance et pour quel usage cette préférence sera motivée.

6° *Les résistances présentes et à venir des mortiers, sont dépendantes des résistances particulières des composans; et l'instant de la prise des parties enveloppantes* (art. 52) *peut être déguisé par la présence des parties enveloppées.* (art. 166.)

Ce qui fait voir pourquoi l'on ne peut prendre l'instant de la prise des mortiers hydrauliques pour mesure de leur résistance à venir; et qu'il faut, pour conserver ce moyen de prévision indispensable aux constructeurs, prendre seulement l'instant de la prise pour mesure dela résistance présente et à venir de la partie chimique enveloppante.

Mais sitôt qu'on y mêle de la base ordinaire en poudre ou en grain, terre crue ou cuite, sable ou gravier produits par la nature ou par l'art; les résistances des composés doivent se déduire de la connaissances que l'on a acquise de la résistance respective des composans, etc., etc., etc.

En publiant la nouvelle édition de mon ouvrage en France, j'ai encore plusieurs motifs déterminans dont je n'ai pas parlé; non-seulement j'avais à cœur de lui donner une forme élémentaire qui pût en faire un ouvrage classique et facile à compléter, mais de plus il me semble que l'art de construire, aussi vieux que le monde, et comme lui fort riche de l'héritage des temps passés, est encore fort loin du point de perfection que l'on pourrait lui désirer; j'en puise la preuve dans le peu d'accord qui se

trouve souvent dans ce qu'annonce la théorie, et ce qui arrive dans la pratique. Cependant, nos méthodes de déduction sont certaines; et si la théorie, c'est-à-dire une suite de raisonnemens rigoureux, conduit à des conclusions qui sont démenties par les faits, il faut s'en prendre au point de départ sur lequel le raisonnement a été basé, et qui certainement était faux.

D'où je conclus que, pour perfectionner l'art de construire, et le conduire à toute sa maturité, on doit rechercher les moyens qui mettront la théorie en harmonie avec la pratique, en s'attachant à l'étude particulière des élémens.

Depuis long-temps je poursuis cette idée; j'ai approfondi autant que possible la nature de plusieurs substances élémentaires, ainsi que je l'ai fait pour les mortiers; et si les constructeurs accueillent favorablement ce premier essai, je le ferai suivre de plusieurs autres, dont la matière, pour être employée tous les jours, n'en est pas moins neuve.

Ces petits traités séparés, dont la manière de procéder serait commune, formeraient un traité de la nature des élémens, et de leurs propriétés; soit en les considérant isolément, soit dans leurs rapports entre eux : ce qui composerait une espèce de cours, d'origine des idées propres aux constructeurs, et qui, étant pris par la théorie pour point de départ,

conduirait à des résultats que la pratique ne pourrait jamais démentir.

Si je ne remplis pas entièrement le cadre que je me suis tracé, je suis au moins certain de mettre les ingénieurs, plus persévérans et plus instruits que moi, dans la voie la plus sûre pour faire d'utiles découvertes et reculer les barrières de l'art ; mon intention étant, ainsi que je l'ai fait pour les mortiers, de ne rien devoir qu'à l'observation, de ne pas faire une hypothèse, de ne tirer aucunes conclusions que celles amenées par les faits, et de n'établir de préceptes que ceux que l'expérience aura consacrés.

L'impression de ce Traité annoncé depuis longtemps, avait été retardée par le mauvais état de ma santé, lorsque parut le nouvel ouvrage de M. l'ingénieur Vicat (1).

Après l'avoir lu, j'ai trouvé que, malgré les progrès que la science a faits depuis dix ans, je n'ai rien à ajouter à mon ouvrage ; que je suis entièrement d'accord avec mon savant confrère, et plus que jamais fondé à penser, que la méthode pratique que j'ai adoptée restera la même, quelques progrès que fasse la science.

1. Résumé des connaissances positives, actuelles, sur les qualités, le choix et la convenance réciproque des matériaux propres à la fabrication des mortiers et cimens calcaires, suivi de note et tableaux d'expérience justificative. Chez Firmin Didot.

Une grande partie des expériences que j'ai faites, et qui sont énoncées page xxv de cette préface, se trouvent aujourd'hui confirmées par M. Vicat, et les tables qu'il publie sur ce sujet, traité d'ailleurs avec la supériorité qui le distingue, sont du plus haut intérêt.

Tel est le précieux avantage que présente la méthode d'investigation, généralement adoptée dans les sciences et dans les arts, qu'en partant de l'expérience, M. Vicat a pu d'une part ajouter beaucoup à la théorie scientifique des mortiers; tandis qu'à de grandes distances, je cherchais de l'autre, à fonder une méthode d'application; et que tout ce que nous avons conclu l'un et l'autre s'est constamment accordé au fond : bien que dans les expressions et par la différence des points de vue il n'y ait pas du tout parité entre nos deux ouvrages; au point qu'il était difficile, en traitant le même sujet, de les produire d'une utilité plus variée.

TRAITÉ

SUR L'ART

DE FAIRE DE BONS MORTIERS.

PREMIÈRE PARTIE.

THÉORIE.

Science de la composition des mortiers.

CHAPITRE PREMIER.

Définition et propriétés de toutes les substances qui peuvent entrer dans la composition des Mortiers.

1. On trouve dans la nature une si grande variété de pierres à chaux, qu'il serait souvent impraticable, ne fût-ce que dans la même carrière, d'en nombrer les différences.

La calcination de ces pierres fournit autant de chaux diverses.

Cependant il n'existe de fait qu'une espèce de chaux, la chaux grasse (l'oxide de calcium), celle que l'on retire du marbre blanc calciné; toutes

autres espèces appelées jusqu'à présent, chaux-moyenne, chaux-maigre, chaux-hydraulique, ne sont que des mélanges de chaux et de sables ou terres crues, réunis par la nature, quelquefois calcinés par elle, mais le plus souvent cuits par la main des hommes; d'où résultent, selon les cas, des combinaisons diverses de chaux, de terres cuites, et de sable.

DE LA CHAUX.

2. On ne donnera le nom de chaux qu'à la chaux pure, telle qu'on l'extrait du marbre blanc, et que l'on nomme communément chaux grasse, parce qu'elle est douce et onctueuse au toucher.

Ses propriétés. Quand on jette la chaux vive dans l'eau, elle l'échauffe, la fait bouillonner et se réduit en pâte molle. Elle absorbe, trois fois et quart à trois fois et demi, son poids d'eau; et augmente, trois fois et demi, son premier volume.

Cette propriété, qui lui est particulière, sert à la distinguer des autres terres.

La chaux est toujours dissoluble dans l'eau et susceptible de se remettre en pâte, quel que soit le temps de son extinction et de sa dessiccation; à moins qu'elle ne soit régénérée par l'acide carbonique de l'air, et ramenée à l'état de pierre calcaire; ce qui n'arrive que pour les parties superficielles.

La chaux n'a point d'action chimique appré-

ciable sur les sables quartzeux, calcaires, etc., etc., dont les surfaces sont lisses; à moins qu'on n'attende un grand nombre d'années, et en plaçant les mortiers dans des situations favorables; mais elle s'attache mécaniquement aux sables poreux, ainsi qu'aux sables dont la surface est altérée, ou rugueuse. On croit que la chaux, en contact avec des sables de pouzzolanes ou de terres cuites, peut développer pour eux beaucoup d'affinité; mais cela ne change rien à la nature des particules de la chaux qui ne seraient pas en contact immédiat.

Mêlée avec la poudre impalpable des terres cuites, ou volcanique, et même les sablons très-divisés (art. 6), la chaux change de nature, elle donne des compositions particulières qui ont la propriété de durcir dans l'eau, et que l'on nommera *cimens* ou *chaux hydrauliques*[1] : exposée vive à l'action de l'air, pendant plusieurs mois, la chaux acquiert des propriétés hydrauliques (art. 19).

La chaux éteinte à l'air n'est déjà plus de la chaux pure, car l'action de l'air, ramenant des particules de chaux à l'état de sablon calcaire, doit nécessairement en faire un mélange.

Les cimens ont une action chimique sur les sables de toute espèce, et forment avec eux des mortiers hydrauliques.

1. C'est-à-dire, qui ont la propriété de durcir dans l'eau.

DES BASES

OU SUBSTANCES QUI PEUVENT ÊTRE MÊLÉES AVEC LA CHAUX.

3. Toutes les substances, qui peuvent entrer dans la composition du mortier, se divisent en deux parties distinctes :

En élémens chimiques, ou poudre impalpable ; et en élémens physiques, ou parties grenues ; qui ne peuvent changer les propriétés chimiques des poudres.

Les élémens chimiques qui agissent sur la chaux, se combinent avec elle et la changent en ciment, seront nommés base hydraulique.

Les élémens chimiques et physiques qui ne pourront changer la nature de la chaux, seront nommés base ordinaire.

Les élémens chimiques, tels que la chaux et les cimens délayés dans l'eau, forment la partie liquide et enveloppante des mortiers.

Les élémens physiques ou bases ordinaires, tels que les sables, les sablons, et les terres, en sont les parties solides ou enveloppées.

DU SABLE.

4. On ne donnera le nom de sable qu'aux substances minérales en grains de grosseurs appréciables, et insolubles dans l'eau.

Quelle que soit la composition du sable, on le divisera : en sable gros, sable moyen, et en sable fin. On le séparera des parties terreuses en poussière qui lui sont souvent unies. Ces parties, que l'on désignera sous les noms de terre, ou sablon, seront définies à part (art. 5).

Ses propriétés. Le sable, quel qu'il soit, n'a point sur la chaux d'action chimique qui puisse en changer la nature ; les sables poreux et rugueux se lient mieux avec elle, mais en général elle ne fait que les envelopper sans cesser d'être soluble dans l'eau.

La surface des sables, mêlés aux cimens ou chaux hydrauliques, est attaquée par eux ; des affinités se développent, et produisent une adhérence réciproque, que la présence de l'eau ne peut, ni empêcher ni détruire ; les sables siliceux et volcaniques sont plus propres que d'autres à les faire naître ; mais dans tous les cas, la présence des sables doit être considérée comme ne pouvant rien changer à la nature des cimens.

DU SABLON.

5. On nommera sablon tout débris de minéraux, quartz, basalte, schiste, etc., etc., réduit en poudre très-divisée (art. 23).

Ses propriétés. Des expériences directes ont prouvé que le sablon, étant mêlé à la chaux, ne peut pas lui faire perdre de ses qualités, à moins

que son volume ne soit en disproportion avec celui de la chaux; les circonstances peuvent être telles, qu'il lui donne quelque propriété hydraulique, et la transforme à froid, de chaux pure en ciment.

DES TERRES CUITES.

6. Toute substance minérale, qui ne sera point de la chaux, et qui pourra s'extraire en poudre des terrains calcinés par la nature ou par l'art; qu'elle ait subi l'action du feu, isolée ou mélangée avec d'autres substances, sera toujours nommée terre cuite.

Leurs propriétés. Les terres cuites peuvent former avec la chaux des combinaisons intimes; le résultat de ces combinaisons, que nous avons nommé ciment [1], a des propriétés étrangères aux composans : il attaque les sables et s'y attache fortement, il diffère des terres et de la chaux en ce qu'il peut prendre corps dans l'eau, et donner soit seul, soit avec les sables, les meilleurs mortiers.

Le mélange de la terre avec la chaux peut se faire de trois manières différentes :

1° Lorsque la nature a mêlé, de la terre à de la chaux, pour en composer une pierre calcaire, il en résulte, après la calcination, une chaux hydraulique;

1. En nommant cimens, les combinaisons de chaux et base hydraulique, qui servent à cimenter les parties solides des mortiers, nous pensons avoir rendu ce mot à sa véritable acception.

qui est un ciment naturel, ou combinaison de chaux et base hydraulique, avec ou sans base ordinaire.

2° Si l'on mêle de la terre crue à de la chaux pure, en les calcinant ensemble, on aura de la chaux hydraulique (art. 3 et 44), ou ciment factice fait à chaud, qui contiendra toujours de la base ordinaire.

3° On peut mêler mécaniquement à froid, de la terre cuite avec de la chaux, et l'on aura encore une chaux hydraulique factice, c'est-à-dire un ciment factice fait à froid, qui par cette raison contiendra beaucoup de base ordinaire; et dans ces trois hypothèses, le mélange aura pour but de faire du ciment, et le résultat sera toujours de la terre cuite, mélangée et combinée avec de la chaux. On observera que pour obtenir des cimens qui aient la même énergie; il faudra dans le second, et surtout dans le troisième cas, employer une plus grande quantité de terre.

DES TERRES CRUES.

7. Les substances minérales très-divisées et mêlées de parties végétales ou animales, seront nommées terres crues.

Leurs propriétés. Les terres crues n'ont aucune espèce d'action, ni sur les sables, ni sur la chaux; elles peuvent, comme les terres argileuses, prendre

de la consistance par une dessiccation ménagée, ou n'en avoir aucune; dans tous les cas, elles ne changent pas la nature de la chaux, mais elles empêchent son action; elles modifient sa force d'adhérence pour les corps solides qu'elle enveloppe; mêlées avec le ciment, elles leur enlèvent de leurs propriétés hydrauliques; elles peuvent entièrement les détruire, et donner des composés, qui dans beaucoup de cas seraient très-inférieurs aux chaux pures.

DU MÉLANGE DES PARTIES ENVELOPPANTES, ET DES PARTIES ENVELOPPÉES.

8. En général les mortiers se composent : de corps solides en grains insolubles dans l'eau, et de corps dissolubles, qui servent à les réunir en les enveloppant.

Le minimum de parties enveloppantes doit être au moins égal à la somme des vides des parties enveloppées; si elles n'ont point de vides, il faut parties égales (art. 37).

La densité des parties enveloppées reste sensiblement constante. La densité des parties enveloppantes est très-variable; beaucoup d'eau les rend liquides, moins les rend pâteuses, enfin, elles redeviennent solides et ne forment qu'une seule masse, en perdant le fluide qui les avait divisées.

Les mortiers résultant de ces trois hypothèses, seront dits : *mortier délavé*, *mortier frais*, et *mortier pris* s'ils sont dans l'eau ; s'ils sont à l'air, *mortiers séchés*.

D'où l'on voit, que la densité des mortiers est nécessairement dépendante des parties enveloppantes.

Comme il est essentiel de bien définir la densité des mortiers, on a établi des mesures exactes, de consistance et de résistance (chap. v).

DES MORTIERS.

9. Tout mélange avec excès de chaux ou de base ordinaire (art. 3), sera nommé mortier (art. 64).

On emploie rarement ces mortiers dans les constructions : celui avec excès de chaux, parce qu'il n'est pas économique ; celui avec excès de base, attendu qu'il n'est pas d'un bon usage. On peut toujours les amener à l'état neutre, c'est-à-dire, à être sans excès de chaux ni de base (art. 3 et 13).

Leurs propriétés. Le mortier avec excès de chaux a d'autant plus les propriétés de la chaux pure, qu'il contient moins de base ; ainsi il est toujours soluble dans l'eau, les surfaces exposées au contact de l'air se régénèrent, etc. ; exposé à l'air en poudre, et plusieurs fois séché et rebroyé, il acquiert des propriétés hydrauliques (art. 89) : mêlé avec

les bases hydrauliques, il est propre à fournir des cimens (art. 65).

Les mortiers avec excès de bases ont d'autant plus les propriétés des sables, qu'ils contiennent moins de chaux; on ne peut les employer utilement qu'en y ajoutant de la chaux ou des cimens.

DES CIMENS.

10. Tout mélange de chaux et de base hydraulique (art. 3 et 6), sera nommé ciment, ou chaux hydraulique; et cela, indépendamment de la quantité de base ordinaire qui pourrait y être ajoutée.

11. Les qualités hydrauliques données aux chaux sont dépendantes de la quantité de base hydraulique qui peut leur être ajoutée; en conséquence, on divisera les cimens en différentes classes, mais au lieu de dire ciment ou chaux peu hydraulique, hydraulique, ou très-hydraulique; on dira: ciment au quart de base hydraulique, au deux cinquièmes, ou au demi, en prenant le poids du ciment considéré pour unité; or, comme l'expérience a appris que l'addition d'un quart de base hydraulique, en poids, ne donne à la chaux que très-peu de qualité hydraulique, et que le ciment résultant peut mettre vingt jours à prendre consistance dans l'eau; que l'addition de deux cinquièmes le rend propre à durcir le huitième jour, et l'addition d'un demi de base hydrau-

lique le second jour : les fractions intermédiaires exprimeront proportionnellement le nombre des jours de la prise, ou degré d'énergie du ciment (art. 51).

12. Réciproquement : aussitôt qu'un ciment prendra dans l'eau le second jour, on en conclura qu'il est au demi de base hydraulique, et s'il contient plus de base totale qu'un demi, l'excédant sera sans action, et considéré comme sable ou base ordinaire.

D'où l'on voit, que les noms de ciment et de mortier, sont tout-à-fait dépendans de la composition; ils expriment ce résultat, savoir : que les mélanges de bases et de chaux auxquels on les donne, sont ou ne sont point hydrauliques.

Les fractions jointes aux mots cimens expriment la quantité de base hydraulique qu'ils contiennent. On peut aussi exprimer la quantité de base ordinaire, mêlée à la chaux, dans les mortiers par des fractions. On exprimera les rapports en poids par les fractions ordinaires, les rapports en volumes, par les fractions décimales.

Leurs propriétés. Les cimens sont le lien, la partie enveloppante de tous les bons mortiers, ils prennent consistance dans l'eau, et cette consistance croît avec les années; étant mêlés aux sables pour faire des mortiers hydrauliques, ils donnent tous les genres de résistance; exposés à

l'air et à l'eau on peut les employer actifs (art. 21). Ils sont d'autant meilleurs que leur qualité hydraulique est plus grande ; les intempéries leur sont favorables, mais il faut leur procurer une dessiccation ménagée (art. 96).

Les cimens sont presque toujours mêlés avec des bases ordinaires; avec peu de base, ils peuvent s'employer seuls et directement, mais ce n'est ni avantageux ni économique, il vaut mieux leur ajouter du sable, à moins qu'on ne veuille les employer très-fins à la manière du plâtre et pour faire des objets moulés.

Lorsque les cimens sont avec excès de base ordinaire, il faut absolument leur ajouter de la chaux ou du ciment plus pur (art. 66), afin de les ramener à l'état neutre.

DES MORTIERS ORDINAIRES.

13. On appellera mortiers ordinaires, tout mélange de chaux et base ordinaire qui ne contiendra pas de base hydraulique; et dont les proportions seront convenables, pour leur emploi dans les maçonneries (art. 67). Le minimum de parties enveloppantes que l'on puisse mettre dans les mortiers ordinaires, est donné par la somme des vides des parties enveloppées (art. 29).

Leurs propriétés. Les mortiers ordinaires sont toujours dissolubles dans l'eau, excepté les parties

à la surface qui peuvent se régénérer par le contact de l'air; ainsi l'on doit éviter de les employer soit dans l'eau, soit dans les lieux humides ou mal abrités, ils pourraient compromettre la durée et la solidité des constructions; on peut, par raison d'économie, les employer dans les lieux secs et abrités, mais il est bien plus économique et souvent tout aussi bon, de se servir de terre liante, comme les terres glaises, par exemple; il y en a qui offrent d'aussi bons moyens de liaison que beaucoup de mortiers. Cependant dans le cas où les maçonneries sont exposées à des alternatives moyennes de sécheresse et d'humidité; le mortier ordinaire peut, avec le temps, prendre des qualités hydrauliques, faibles à la vérité, mais qui lui donnent alors de l'avantage sur les terres (art. 175).

DES MORTIERS HYDRAULIQUES.

14. On appellera mortier hydraulique tout mélange de ciment et de sable; c'est-à-dire, de chaux, base hydraulique et base ordinaire, dont les proportions seront les plus convenables aux emplois à l'air ou à l'eau qui devront en être faits (art. 70). On peut dire aussi que ces mortiers sont neutres, c'est-à-dire sans excès de chaux ni de base.

Le minimum de chaux ou ciment, qui puisse être mêlé au sable pour faire des mortiers ordinaires ou hydrauliques, est égal à la somme des vides

que les grains de sable laissent entre eux (art. 29 à 35).

Un grand excès de chaux convient aux mortiers ordinaires, un excès de ciment ne peut nuire aux mortiers hydrauliques, excepté quand on les emploie comme enduits (chapitre x).

15. *Leurs propriétés.* Les mortiers hydrauliques prennent corps dans l'eau, les intempéries, l'humidité bien loin de les détruire, les solidifient de plus en plus avec les années; très-hydrauliques ils résistent même aux eaux courantes (art. 101); ils peuvent s'employer dans une foule de cas (art. 21); ils sont les seuls moyens de liaison durable pour tous les genres de maçonneries (art. 185); ils peuvent être plus économiques que bien des mortiers ordinaires (art. 67 et 72). On doit leur mêler des sables différens, d'après l'espèce de résistance qu'on peut obtenir (art. 31) et les causes de destruction auxquelles ils doivent être livrés; on peut sans grave inconvénient les conserver en pâte autant de temps qu'il leur en faut pour prendre consistance dans l'eau (art. 93). On peut même utiliser cette propriété quand on doit les immerger; et s'ils sont peu hydrauliques, on peut les sécher et les rebroyer plusieurs fois, ils peuvent comme les mortiers ordinaires y gagner de la qualité (art. 92).

CHAPITRE II.

Études particulières des élémens qui entrent dans la composition des mortiers.

EXTINCTION DE LA CHAUX.

16. ENTRE tous les procédés connus, il faut n'employer que les quatre suivans : encore estimons-nous, dans l'état actuel des connaissances, qu'il n'est vraiment d'utiles que le premier et le dernier : le premier procédé parce qu'il sert à réduire la pierre à chaux en pâte, en parties enveloppantes, pour la mêler aux parties enveloppées; le dernier, parce qu'il liquéfie également la pierre à chaux, permet son mélange, et qu'il lui rend aussitôt sa solidité.

Quant au second et au troisième procédé d'extinction, comme ils sont coûteux et n'ont d'autre objet, que de faire développer aux pierres à chaux, un peu plus de base hydraulique; en leur faisant perdre de leur volume, et par suite beaucoup de parties enveloppantes (art. 63.) Nous pensons qu'il est toujours plus sûr et souvent plus économique, de faire de la base hydraulique, directement par la calcination des terres et de leur en ajouter (art. 41).

PREMIER PROCÉDÉ.

EXTINCTION ORDINAIRE.

17. La chaux vive sortant du four, sur laquelle on jette une quantité d'eau convenable, se fend avec bruit, se boursouffle, et se fond en bouillie épaisse : en cet état on la nomme *chaux fondue* ou *chaux coulée* (art. 130).

La chaux éteinte, en bouillie épaisse, donne en volume trois et demi pour un, tandis qu'il y a des mortiers et cimens naturels qui ne rendent qu'un et un cinquième pour un [1] (art. 60, etc.).

SECOND PROCÉDÉ.

EXTINCTION PAR IMMERSION.

18. La chaux vive plongée dans l'eau pendant quelques secondes, et retirée avant le commencement de la fusion, siffle, éclate avec bruit, et tombe en poudre, en répandant des vapeurs brûlantes; lorsqu'on la détrempe, elle ne s'échauffe plus d'une manière sensible.

1. On mesure l'augmentation de volume en plaçant la pierre à chaux dans un vase, on jette du sable par-dessus de manière à le combler. Ensuite on reprend la chaux pour l'éteindre séparément dans ce même vase, on rejette de nouveau le sable employé par-dessus, la partie du sable que le vase ne peut plus contenir est la mesure de l'augmentation du volume de la chaux.

La chaux rend en volume, un et demi de chaux éteinte, pour un de chaux vive mesurée en poudre.

La chaux hydraulique, qui se divise bien, rend, dans les mêmes circonstances, deux pour un.

TROISIÈME PROCÉDÉ.

EXTINCTION SPONTANÉE.

19. En abandonnant la chaux vive à l'action lente et continue de l'atmosphère, elle se réduit en poudre sans dégagement de chaleur bien sensible.

Par cette extinction naturelle, la chaux augmente de deux cinquièmes de son poids, cinq à six fois moins que par l'extinction ordinaire (art. 17).

La chaux et les mortiers rendent en volume, de un et deux tiers, à deux et demi pour un; et, quand on les réduit en pâte, ils ne rendent que les deux tiers de ces volumes.

Le premier procédé d'extinction est généralement usité; le second a été employé sur divers travaux; le troisième a toujours été proscrit, et la chaux qui en résultait considérée comme perdue. Cependant, l'expérience a prouvé que, si l'on place de la chaux commune grasse, sortant du four, sous un hangar bien exposé à l'action de l'atmosphère, elle se réduit en poudre par l'extinction spontanée. En l'agitant de temps à autre, pour que l'air puisse agir dessus également, on remarque, après six

mois ou un an d'attente, que cette chaux a acquis des propriétés hydrauliques, c'est-à-dire qu'employée seule ou avec du sable, elle durcit dans l'eau.

20. Des expériences ont prouvé que, si le troisième procédé d'extinction convient aux chaux pures, le premier procédé est préférable pour les cimens très-hydrauliques, et que le second peut être avantageux à l'emploi des mortiers et cimens compris entre ces deux extrêmes.

On a cherché à exprimer cette liaison par le tableau suivant.

ON PRÉFÉRERA L'EXTINCTION :

SPONTANÉE.	PAR IMMERSION.	ORDINAIRE.
Pour les mélanges de chaux pure ou de mortier, et base peu hydraulique.	Pour les mélanges composés de mortier ou de ciment et base peu hydrauliques.	Pour les mélanges de ciment très-hydrauliques et base ordinaire; pour ceux de mortier et base très-hydrauliques.

D'où l'on voit, qu'indépendamment de toute composition pour des chaux et des bases données, le choix des procédés d'extinction, peut donner des qualités hydrauliques aux mélanges.

On devra donc faire un choix, ce qui n'est pas toujours facile, attendu que le premier procédé d'extinction est toujours le plus économique, 1° par rapport à la main-d'œuvre, 2° parce qu'il faut moins

de chaux pour faire un même volume de mortier (art. 16 et 67); en conséquence, suivant que les idées d'économie ou de solidité seront en première ligne, on arrivera à des préférences.

QUATRIÈME PROCÉDÉ D'EXTINCTION.

EXTINCTION COMPLEXE.

21. On appelle chaux vive la chaux prise à sa sortie du four, mais on peut éteindre la chaux par le deuxième et le troisième procédés d'extinction. (Chap. II).

Quelque temps après cette extinction, on peut prendre les chaux réduites en poudre pour les mettre en pâte; il se produit alors un second foisonnement [1], et parfois un peu de chaleur; en conséquence ces chaux sont encore une espèce de chaux vive, par rapport aux chaux complètement éteintes; aussi pour éviter toute confusion, quelle que soit celle de ces trois espèces de chaux ou cimens, que l'on mêle avec de l'eau et que l'on emploie sur-le-champ, on dira qu'ils sont employés actifs.

Des expériences directes nous ayant montré, contre l'opinion générale, qu'on peut avantageu-

1. Si l'on jette de l'eau sur de la poudre de chaux éteinte par le deuxième et le troisième procédé d'extinction, le volume de la poudre diminue, mais les particules qui la composent augmentent de volume long-temps même après la confection.

sement employer les chaux vives, nous recommandons l'usage du quatrième procédé d'extinction. Le tableau ci-joint servira de guide, il est le résultat des essais que nous avons faits. (Consultez le chapitre V et les art. 78 et 79, etc.)

ON PEUT EMPLOYER ACTIFS :

<table>
<tr><th>Les mortiers naturels et la chaux éteinte par le 1er ou 3e procédé.</th><th>Les cimens à 2/5 ou chaux hydrauliques éteints par le 1er ou 2e procédé.</th><th>Les cimens à 1/2 ou chaux très-hydraul., éteints, par le 1er procédé.</th></tr>
<tr><td colspan="3">POUR LES CONSTRUCTIONS EXPOSÉES A L'AIR.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Pour les mêler avec les bases ordinaires et hydrauliques, la chaleur dégagée peut être utile, cependant ces mortiers ne s'emploient à la manière ordinaire jamais actifs, c'est-à-dire pendant la fusion de la chaux, ils prennent trop d'eau et de retrait.</td><td>En les mêlant avec les bases ordinaires et hydrauliques, ces mortiers prennent peu de retrait. On peut les employer lorsqu'on redoute des tassemens, des effets d'humidité, ou de dessiccation rapide. (Articles 192 à 193.)</td><td>En les mêlant avec les bases ordinaires, ces mortiers ne prennent pas sensiblement de retrait; on peut les employer aux mêmes usages que les précédens, ainsi que pour les filets et moulures extérieurs des édifices.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ces deux espèces de mortiers doivent être réduits en poudre et employés sur-le-champ, en y ajoutant juste la quantité d'eau nécessaire (de la même manière que le plâtre) de telle sorte qu'ils arrivent à l'état solide avec le refroidissement. (Art. 173.)</td></tr>
<tr><td colspan="3">POUR LES CONSTRUCTIONS DANS L'EAU.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">On ne peut jamais les employer dans l'eau; immergés, refroidis, et même à l'état très solide, ils se boursoufflent et s'étendent.
Les cimens à 1/8 et à 1/4 de base hydrauliques sont dans le même cas, on ne peut les employer actifs sans danger; cependant en prenant d'autant plus de précaution qu'ils sont moins hydrauliques, en leur fournissant toute leur eau, et en ne les employant que dans des constructions, qui ne seraient immergées que quelques mois après leur confection, on pourrait encore obtenir, pour les maçonneries, un degré de solidité qu'aucun autre moyen ne peut offrir.</td><td>Refroidis et de troisième consistance, ils résistent dans l'eau, les surfaces en contact avec le fluide sont seules attaquées.
Les mortiers hyd. faits avec ces cimens conviennent aux constructions immergées quelques heures après leur confection.</td><td>Refroidis et de troisième consistance, ils peuvent être immergés sur-le-champ sans éprouver aucune altération, même à la surface; leur consistance va toujours en croissant.
Les mortiers fabriqués avec ces cimens conviennent aux constructions immergées aussitôt que faites.</td></tr>
<tr><td colspan="2">On fabrique ces mortiers en mêlant le sable au ciment en poudre, et en y mêlant la quantité d'eau absolument nécessaire, et tel que le mélange ait la troisième résistance, lorsqu'ils cessent de dégager une chaleur sensible. Un instant avant, et lorsqu'ils ont encore de la ductilité, on les immerge. (Art. 78 à 88.)</td></tr>
</table>

Les cimens employés actifs, pour faire des mortiers hydrauliques, peuvent rendre de grands services dans les constructions, car l'instant de la prise dans l'eau est immédiate, même pour les mortiers qui ne prendraient que le vingtième jour de leur immersion.

ÉTUDE PARTICULIÈRE DES SABLES.

23. On a vu que toute substance minérale composée de parties grenues, insolubles dans l'eau, était nommée sable (art. 4).

Dans la nature les sables se trouvent sur le sol: dans les mines, dans le lit des rivières, dans les terrains volcaniques; on peut les faire artificiellement, en broyant des pierres, des briques, des schistes, etc., en grillant des terres argileuses, etc., etc.

Dans ce qui suit, les sables quels qu'ils soient, volcaniques, naturels ou artificiels, seront toujours supposés purs, c'est-à-dire en grains séparés de tout élément chimique (art. 56), et l'on doit se souvenir (art. 2) que la chaux pure n'a point d'action sur eux; elle ne fait que les envelopper à la manière des terres, mais que les cimens ont pour les sables des affinités et s'y attachent fortement (art. 12).

24. Les constructeurs accordent des propriétés particulières aux sables, selon les lieux dont on les

extrait, et l'on n'est pas d'accord sur les qualités des sables de rivière, de fouille ou de mer. De plus les sables les plus généralement répandus sur la surface de la terre, sont encore de nature différente; ils peuvent être : quartzeux, granitiques, volcaniques ou calcaires. Selon leurs qualités et celles des chaux, on fait encore varier les proportions des mélanges.

Il devient donc indispensable, d'étudier les sables en cherchant à établir des règles certaines, qui puissent guider dans leur emploi pour faire des mortiers.

EXAMEN DES SABLES.

RELATIVEMENT AUX LIEUX DE LEUR EXTRACTION.

25. Les sables, quartzeux et granitiques, gros, moyens ou fins, extraits de la mer ou des rivières, dans lesquelles ils ont été également brisés, roulés, ne peuvent offrir d'autre différence que d'avoir été mouillés, les uns par de l'eau douce, les autres par de l'eau salée; et en supposant, que quelques millièmes de sels déliquescens contenus dans le peu qu'il reste d'eau de mer, puisse nuire au sable qui en est imprégné, quelque temps d'exposition à la pluie auraient bientôt fait disparaître cette différence.

Le sable de fouille peut provenir : 1° d'un dé-

pôt marin ou fluvial, 2° de débris des montagnes entraînés par les pluies et les torrens.

Or, tous les minéraux soumis aux alternatives de froid, de chaud, de sécheresse ou d'humidité, se détruisent avec le temps; les surfaces les mieux polies s'altèrent; et les sables de fouille, placés dans des circonstances différentes des sables de rivière, qui peuvent se polir tous les jours; finiront par se détériorer, et seront mieux disposés pour être réunis par les parties enveloppantes des mortiers, qu'au moment où leurs surfaces étaient plus unies.

En suivant ce raisonnement, on prévoit que le sable de rivière, déposé depuis long-temps sur les rives, doit être préférable au sable extrait du milieu du courant; que le sable nouvellement extrait peut gagner à attendre, et que dans des circonstances analogues, le sable de mer peut alors être préféré même au sable de fouille; car dès qu'il ne roule plus sur lui-même, les eaux de mer et les exhalaisons marines doivent vivement l'attaquer. En conséquence on prendra de préférence, pour faire des mortiers, les sables de fouille à grains de forme variée, les sables qui occupent depuis long-temps les bords de la mer ou des rivières.

DES MORTIERS COMPOSÉS PAR LA NATURE.

26. Le but qu'on se propose d'atteindre, en mê-

lant les sables avec les chaux, est de former des compositions qui, placées dans l'eau ou soumises à toutes les intempéries, puissent cependant devenir dures, solides, former corps, s'attacher aux matériaux qui servent à construire, et offrir par la suite le plus de résistance possible.

L'on trouve beaucoup de ces combinaisons naturelles, et le règne minéral a ses mortiers. Les cailloux d'Égypte, sont des amas de silex réunis par un ciment siliceux; les granits, une réunion de silex et de mica, dont le feldspath semble remplir les intervalles; les marbres secondaires, des débris de pierre à chaux réunis par un ciment calcaire; les poudings de toutes espèces, de véritables mortiers naturels.

Parmi les combinaisons variées de ces débris de minéraux anciens, réunis par des cimens plus modernes, les plus dures sont par ordre les premiers qui ont été cités; par la raison qu'ils contiennent du quartz, et ils sont d'autant plus durs qu'ils en contiennent davantage. Le granit, par exemple, est presque impossible à scier; aussi ne peut-on le travailler qu'à la pointe; encore désagrège-t-on plutôt le quartz qu'on ne le rompt, en faisant céder, sous les efforts du marteau, le feldspath ou le mica.

La dureté du granit diminue à mesure qu'il renferme moins de quartz; mais sa résistance à la

traction ou à la pression n'est pas seulement dépendante du quartz : beaucoup de granits résisteront moins à une forte pression que bien des pierres calcaires infiniment moins dures ; et, lorsque le feldspath tombe en décomposition, ce même granit, dont un des élémens a perdu sa force, devient friable, presque sans consistance, et serait incapable de résister à la pression.

D'un autre côté, il ne suffit pas que le ciment qui réunit les parties primitives soit résistant ; les marbres et les poudings pourraient être réunis par une force égale à celle du feldspath, que leur résistance et leur durée ne pourraient jamais se comparer à celles des pierres granitiques.

27. Aussi doit-on remarquer, que la résistance des mortiers naturels ou factices, se compose de trois parties essentiellement différentes, savoir :

1° De la résistance constante des parties enveloppées, qui sont toujours employées solides, et généralement désignées sous le nom de *sable;*

2° De la résistance variable, avec le temps, des parties enveloppantes qui ont été employées liquides, telles que la chaux et les cimens ;

3° De la force d'adhésion des parties constituantes, et qui peut être de deux espèces : l'une provenant de la pénétration des parties enveloppantes dans les interstices des parties enveloppées, l'autre résultant des affinités qui peuvent exister entre elles.

DE LA PRÉFÉRENCE

À ACCORDER AUX SABLES, ET DE LA QUANTITÉ DE CHAUX OU DE CIMENS QUI PEUT LEUR ÊTRE MÊLÉE.

28. On peut conclure en général de ce qui précède, que les mortiers les plus résistans seront les mortiers formés avec les sables les plus durs et les cimens de meilleures qualités; en conséquence, l'on rangera, par ordre de préférence, les sables siliceux, basaltiques, quartzeux, granitiques, calcaires et volcaniques; d'où résulte, que les mortiers de sables calcaires et de pouzzolanes naturelles ou artificielles, ne seront jamais aussi résistans que les mortiers à sable quartzeux (art. 104).

29. Que toutes les fois que les sables seront plus durs que les cimens, comme il existe entre eux une action réciproque, plus il entrera de sable dans un mortier, et plus il sera résistant; qu'en conséquence, pour obtenir un mortier à son maximum de résistance, il faudra, 1° que le choix de la grosseur du sable soit tel qu'il y ait le plus de masse possible dans un même volume; 2° que les grains de sable soient placés les uns contre les autres; 3° que le ciment qui les réunira ne remplisse que les intervalles qui séparent leurs élémens. Toute addition en plus n'y pourra que nuire; de même que l'abondance du feldspath ou du mica nuit à la

résistance des granits, ce qui n'est qu'un cas particulier de ce principe général : que la résistance du mélange de substances diverses participe davantage de la résistance du composant dont ils contiennent le plus ; d'où résulte, que le minimum de ciment ou parties enveloppantes qui puissent être ajoutées aux sables ou parties enveloppées, pour faire les meilleurs mortiers, est donné par la mesure des intervalles que les sables laissent entre eux (art. 32).

MODIFICATION

D'APRÈS LA NATURE DE LA CHAUX.

30. Pour être employés avec de la chaux pure, on classera les sables par ordre de préférence, en mettant en tête les plus poreux et les plus durs : les derniers seront les plus lisses et les plus tendres.

Avec des sables poreux, les proportions de chaux seront les mêmes que pour les cimens. Avec les sables lisses, qui ne peuvent s'attacher mécaniquement à la chaux, et qui agissent sur elle comme sur les terres, en divisant, le mieux serait de ne point ajouter de sable ; mais on le fait par économie, et surtout parce que l'emploi de la chaux seule est presque impossible en raison du retrait.

MODIFICATION

D'APRÈS L'ESPÈCE DE RÉSISTANCE QU'ON VEUT OBTENIR.

31. Pour composer des mortiers qui résistent au frottement, qui soient difficiles à scier, qui aient beaucoup de dureté, et pour être employés dans les intérieurs; mêlez à la chaux les sables les plus durs; pour être exposés aux intempéries ou dans l'eau, mêlez les mêmes sables aux cimens.

Pour résister à un effort de traction, on préférera pour la chaux les sables poreux les plus durs; et pour les cimens, les sables siliceux et les scories de forge ou de volcans les plus réssitantes.

Pour s'opposer à une pression, on préférera pour la chaux les sables poreux ou à surface rugueuse dont la résistance sera supérieure à celle qu'elle pourra jamais acquérir; pour les cimens, tous les sables qui ne seront pas au-dessous de leur résistance seront à préférer dans leur ordre de dureté.

MOYEN PRATIQUE,

DE MESURER LES INTERVALLES, QUE LES GRAINS DE SABLE LAISSENT ENTRE EUX.

32. On place les pierres brisées ou les sables dans une mesure, on arase de manière à ce qu'ils

la remplissent exactement, on remplit d'eau une mesure semblable, que l'on verse par parties sur la première; on juge la quantité d'eau ajoutée, par l'eau restée dans la seconde [1], cette eau ajoutée est nécessairement la mesure des intervalles que l'on veut connaître; et voici, sur des matériaux de différentes grosseurs, ce que l'expérience a donné.

33. Pour les débris de pierres ou cailloux de la grosseur d'un œuf, tels qu'on les emploie ordinairement, pour être mêlés aux mortiers que l'on jette dans l'eau, et que l'on nomme béton; il faut pour un volume de pierres, un demi-volume d'eau et plus, à quelques légères variations près.

Pour des sables ou graviers, de 5 à 6 lignes de grosseur (de diamètre), il en faut un demi volume.

Pour des sables gros, de 1 à 2 lignes de diamètre, il en faut les cinq douzièmes.

Pour des sables moyens, d'une demi-ligne, les deux cinquièmes.

Pour des sables fins, d'un dixième de ligne, un tiers.

Pour les sablons et les terres, les deux septièmes.

1. Les pierres brisées ou les sables doivent être secs et siliceux, autrement ils apporteraient de l'eau, ou pourraient en absorber, ce dont on devrait tenir compte.

Ainsi les intervalles que les grains de sables laissent entre eux varient avec leur grosseur, depuis la moitié de leur volume, jusqu'aux deux septièmes.

DES SABLES

DE GROSSEURS DIFFÉRENTES ÉTANT DONNÉS, RECHERCHER LES PROPORTIONS DANS LESQUELLES ILS DOIVENT ÊTRE MÊLÉS, POUR FOURNIR LE PLUS DE MASSE POSSIBLE, DANS UN MÊME VOLUME.

34. On trouvera mécaniquement les proportions de chaque sable, en mettant une partie du plus gros sable dans une mesure facile à agiter; on mesurera d'autre part un sable moyen, puis on le versera par partie sur le gros, en saccadant la mesure pour les obliger à se mêler. L'on cessera d'en ajouter au moment où l'on s'apercevra que le volume primitif viendra à augmenter un peu; ce qui annoncera que la portion des vides du gros sable, que le sable moyen pourra remplir, sera occupée; alors on estimera de suite par le sable moyen resté dans la mesure, combien on en aura mélangé au gros. On agira de la même manière pour le sable fin, que l'on jettera sur le mélange de sable gros et moyen, tant qu'il n'en résultera que peu d'augmentation dans le volume, etc.; et l'on connaîtra ainsi les quantités des sables de diverses grosseurs, qui mêlés ensemble ne donneront

cependant, à peu de chose près, que le volume du premier [1].

Après avoir fait ces mélanges, il resterait encore à connaître le volume des vides du sable mêlés; ce qui se ferait avec de l'eau, ainsi qu'il est dit (art. 32); ou bien en retranchant des vides connus du gros sable, les volumes de sables ajoutés, diminués de leurs vides particuliers (art. 38).

DES PROPORTIONS RIGOUREUSES

DE CHAUX OU CIMENS, QUI PEUVENT ÊTRE MÊLÉS AUX SABLES POUR FAIRE DES MORTIERS.

POUR LES SABLES A GRAINS ÉGAUX.

35. En partant du principe, que les chaux ou parties enveloppantes ne doivent occuper, dans les mortiers, que les vides des sables ou parties enveloppées, on trouve qu'il faut, pour les sables à grains égaux (art. 33):

Sur un de sablon, un de chaux; (art. 37.)
Sur trois de sable fin, de un dixième de ligne de diamètre, un de chaux;
Sur cinq de sable moyen, d'une demi-ligne, deux de chaux;
Sur douze de sable gros, de une à deux lignes, cinq de chaux;
Sur deux de gravier, de cinq à six lignes, un de chaux;
Sur deux de cailloux, de douze à dix-huit lignes, un de chaux.

1. Pour que ce mélange de sable puisse avoir lieu sans une augmentation de volume bien sensible; il faut que les diamètres des grains, soient au moins le dixième les uns des autres. D'après cela, on peut par un calcul simple, trouver approximativement les proportions à préférer.

Dans le cas où on emploiera des chaux avec des sables poreux, ou des sables quelconques, sans être trop fins, avec des cimens, ces proportions seront généralement les meilleures. Il se présente pourtant deux exceptions.

36. La première est relative au retrait que prend la chaux pure, que l'on doit mesurer en pâte; ce qui oblige à forcer les proportions désignées, de un à deux dixièmes; on peut d'ailleurs éprouver à part combien la chaux perd de son volume en se desséchant; mais c'est d'autant moins nécessaire que les chaux sont plus hydrauliques.

37. La seconde a rapport à la grosseur du sable; et lorsqu'on emploie des sables fins, il peut arriver que l'addition de la quantité de ciment indiquée (art. 35), en fasse augmenter le volume : ce qui annonce que le ciment contient des particules qui n'ont pu se loger dans les vides laissés par les sables; alors on ajoutera à la quantité de ciment expressément indiquée, une partie égale à l'augmentation du mélange.

Avec les sables très-fins sans vides, il faut partie égale de chaux, car la mesure des vides des graviers, des sables, donne le minimum de chaux qu'on peut leur mêler, et ce minimum peut suffire pour composer un bon mortier; mais pour les sables fins ou sablons qui n'ont presque plus de vides, ce minimum est tout-à-fait insuffisant; et, à

partir du sable moyen, on doit jusqu'au poudre augmenter progressivement le dosage, de manière à mettre partie égale avec les poudres sans vides, afin qu'il y ait en présence, élémens chimiques de parties enveloppantes, pour élémens chimiques de parties enveloppées.

PROPORTIONS POUR LES SABLES MÊLÉS.

Art. 38.	COMPOSITION, à préférer d'après l'article 34.				VOLUME du sable mêlé.	VOLUME de chaux ou ciment.
Première.	Béton ou mortier mêlé de cailloux.	cailloux	20		27 parties.	6 parties plus (1).
		gros sable	1	7		
		sable moyen	2			
		sable fin	4			
Deuxième.	Mortier de gravier.	gravier	20		26 parties.	6 parties plus (1).
		sable moyen	2			
		sable fin	4			
Troisième.	Mortier de gros sable.	gros sable	20		25 parties.	7 parties.
		sable fin	5			
Quatrième.	Mortier de sable moyen.	sable moyen	20		25 parties.	7 parties.
		sable fin	5			

On voit par ces exemples qu'il est très-économique de se servir de sables mêlés.

Les 20 parties de cailloux laissent 10 de vide (art. 33), les 7 parties de gravier et sables en occupent 7, il en resterait donc 3 à remplir avec de la chaux; mais les 7 de sables ajoutés peuvent être considérées comme un mélange de sables fins

1. Plus une addition de chaux, égale à la moitié de l'augmentation du volume du mélange; s'il y a lieu (art. 37). On reconnaît l'augmentation du volume comme il est indiqué (art. 18).

qui laissent entre eux, un tiers de vide; ainsi malgré l'addition des sables, la somme des vides est encore de 5 et un tiers, et comme il faut mettre un peu plus de chaux à cause du retrait (art. 36), on peut en mettre six parties. Des raisonnemens analogues, appuyés sur des expériences, ont déterminé dans le choix des proportions des compositions qui suivent. Il ne faut pas perdre de vue que les vides laissés par les sables, donnent le volume du minimum de chaux qui doit leur être ajouté.

On pourrait, dans chacune de ces compositions, n'employer que les sables les plus gros, et remplir leurs vides par du sable fin, sans que la masse résultante et ses vides soient sensiblement différens.

39. En opérant comme il vient d'être dit, on est certain de connaître rigoureusement le minimum de chaux ou ciment qui doit être mêlé aux sables; moins de parties enveloppantes, et le mortier n'aurait pas toute sa force, puisqu'il resterait des vides ou parties non enveloppées.

On ne court pas le même danger en forçant un peu les proportions; la force des mortiers ne peut pas en être sensiblement altérée : mais, comme la chaux et les cimens sont toujours plus coûteux que les sables, on doit, par des raisons d'économie, ne pas trop augmenter les proportions indiquées.

DES POUZZOLANES,

OU BASES HYDRAULIQUES MELÉES AUX SABLES.

40. Les bases hydrauliques se trouvent principalement dans les terres cuites, et parfois dans les sablons très-divisés (art. 6).

Les pouzzolanes sont des mélanges de sables et de terres cuites, qui contiennent des bases hydrauliques.

Les pouzzolanes naturelles, sont des terres cuites par les volcans.

Les pouzzolanes artificielles, sont des terres cuites par l'art (art. 6).

Les pouzzolanes artificielles se tirent :

Des terres cuites ou grillées,
Des briques cuites à différens degrés,
De la houille,
Des schistes,
Des basaltes,
Des grès ferrugineux,
Des cendres.

En exposant ces substances à différens degrés de cuisson, et en les pulvérisant avant ou après avec plus ou moins de soin, on obtient des bases hydrauliques mêlées de sables, qui ont des propriétés dépendantes, en partie, de ces deux opérations.

DE LA CUISSON

DES POUZZOLANES FACTICES.

41. Les terres argileuses, placées sur une plaque rouge, exposée à l'air de dix à trente minutes, donnent la meilleure pouzzolane artificielle ; c'est-à-dire la terre qui, sur un volume donné et pour un même degré de pulvérisation, donne le plus de base hydraulique ; ainsi que pour les chaux hydrauliques factices, ce mode de cuisson doit être préféré (art. 46).

DES BRIQUES.

Cuites, elles sont alors d'un beau rouge, sonores, et ne se détrempent pas à l'eau.

Biscuites, c'est-à-dire après une nouvelle cuisson, leur couleur est plus foncée, leur dureté plus grande ; elles sont moins avides d'eau.

Surcuites ou *calcinées*, c'est-à-dire après leur avoir fait subir une demi-vitrification, leur couleur est gris de fer, leur cassure vitreuse ; elles ne happent plus à la langue, et raient le verre.

DE LA HOUILLE.

La houille, étant soumise à un feu actif, se prend en scories cellulaires, dures et pesantes.

Soumise à un feu modéré et soutenu, elle se réduit d'abord en masses noires, charbonnées et légères.

Enfin, elle passe à l'état de cendre.

DU SCHISTE BLEU.

On reconnaît que le schiste est à son premier degré de cuisson, quand il perd sa couleur et devient d'un rouge doré.

On le pousse à son degré de cuisson en activant le feu jusqu'au rouge-blanc ; alors, les feuillets du schiste se boursoufflent, se prennent en masses poreuses, légères, friables et d'un vert pâle.

DU BASALTE.

Exposé à l'action d'un feu rouge, il s'altère à peine.

En poussant le feu au rouge-blanc, le basalte coule.

DU GRÈS FERRUGINEUX.

Le grès ferrugineux se conduit comme le basalte.

Le premier degré de cuisson convient aux briques et au grès ferrugineux.

La houille en cendres vaut mieux que la houille en scories.

Le schiste bleu demande à être boursoufflé.

Le bazalte doit être coulé.

42. Quelle que soit la pouzzolane artificielle que l'on ait à sa disposition, on ne peut reconnaître que par des essais le degré de cuisson qui lui est le plus favorable ; c'est-à-dire le degré qui développe le plus de base hydraulique (art. 46).

Pour un même degré de cuisson, ces diverses pouzzolanes développeront d'autant plus de base hydraulique qu'elles seront mieux pulvérisées.

Aussi, l'on broiera, le mieux possible, les basaltes, les schistes, etc., après la calcination; mais les terres pourront se broyer et se tamiser avant le grillage. Cependant, quelque soin qu'on prenne, les pouzzolanes contiendront toujours des sables ou bases ordinaires mêlées à la base hydraulique.

Il arrivera souvent, ainsi que pour les terres grillées, que le degré de cuisson qui développera le plus de base hydraulique, changera les parties de terre grenues, en sables de très-peu de consistance.

Dans ces cas, il faut broyer ces grains, et les réduire en poudre impalpable, afin de les changer, le plus possible, en base hydraulique; ce qui permettra d'ajouter plus de sables résistans aux mélanges; la quantité qu'on peut y joindre étant toujours en raison inverse du volume de la base ordinaire contenue dans les pouzzolanes (art. 72).

DES CIMENS,

OU CHAUX HYDRAULIQUES, FACTICES.

43. On peut faire des cimens, en mêlant à froid de la chaux, avec toutes les substances qui contiennent de la base hydraulique.

44. On peut aussi faire des cimens, en mêlant à

la chaux éteinte, de la terre crue, en séchant et en cuisant le tout ensemble. Par la cuisson, la terre se change en pouzzolane artificielle, et développe ainsi plus de base hydraulique que dans le mélange à froid.

45. L'expérience a appris:

1° Qu'il faut bien sécher les pâtes avant leur cuisson; et que, si elles étaient encore humides, elles développeraient peu ou point de base hydraulique.

2° Que la pâte, bien séchée et réduite en parcelles, doit être exposée à l'air sur une plaque rouge, l'espace d'un quart d'heure à une demi-heure. Avec moins de dessiccation, moins de contact de l'air, plus de contact avec le combustible, et plus ou moins de cuisson, la base hydraulique de la terre ne peut se développer; ainsi, le meilleur composé, quant aux élémens, pourrait n'acquérir aucune qualité hydraulique (art. 46, Essais n° 11 et 12). En conséquence, selon le moyen de calcination dont on pourra disposer, il faudra toujours faire de chaque mélange trois essais, qui seront cuits à petit feu, à feu moyen et à grand feu; afin qu'en suivant des expériences de l'article 46, on puisse éviter les causes destructives des qualités hydrauliques, et fixer le degré de cuisson qu'il faudra préférer pour la manière d'opérer qu'on se sera choisie, ou qu'aurait imposée la localité.

46. On donnera pour exemple de la manière

d'opérer le tableau suivant, qui offre les diverses propriétés hydrauliques développées, par le mélange de trois de terre crue en poudre, mêlée à un de chaux vive en poids; selon l'exposition et le degré de cuisson qu'on lui a fait éprouver [1].

Après avoir parfaitement amalgamé de la terre crue et de la chaux, on les a réduites en petites masses, de l'épaisseur d'un demi-pouce; lorsqu'elles ont été bien séchées, on a divisé le tout trois parties.

La première a été brisée en parcelles de la grosseur d'un pois, ou en poudre, et mise sur une plaque, d'environ une ligne d'épaisseur, chauffée au rouge cerise.

La seconde a été placée, en petite masse, dans un four bien chauffé ou rouge, et dans lequel l'air pouvait librement circuler.

La troisième a été mise en contact avec des charbons de bois incandescens.

Tous les essais après la cuisson ont été mis en pâte de troisième consistance, et immergés, ayant le premier degré de résistance : l'instant de la prise a été soigneusement marqué.

L'épaisseur de la pâte des essais a été prise pour unité.

1 Trois de terre en poids, est le maximum qui puisse être mêlée à la chaux pure. Si la terre est bien divisée, et convenablement préparée, le ciment factice peut être au demi de base hydraulique, c'est-

LE CIMENT EN PARCELLES

A ÉTÉ CUIT SUR UNE PLAQUE ROUGE.

NUMÉROS des essais.	HEURES de cuite.	COULEURS après la cuisson.	CONSISTANCE des essais.	DIMINUTION de volume.	CHALEUR dégagée par l'extinction.	TEMPS de la prise sous l'eau.
en pâte.	non cuite.	blanc rosé.	fermes.		aucune.	jamais.
cuit 1	un quart.	de brique.	friables.		aucune.	1 jour.
2	une demie.	plus foncé.	friables.		très-peu.	12 heures.
3	trois quarts.	plus encore.	durs.		très-peu.	1 jour.
4	une heure.	rouge-noir.	durs.		peu.	4 jours.

DES PETITES MASSES,

DU MÊME CIMENT, ONT ÉTÉ CUITES DANS UN FOUR D'ÉMAILLEUR.

cuit 5	un quart.	jaunâtre,	friables.	un dixième.	assez.	1 jour.
6	une demie.	jaunâtre.	friables.	deux.	plus.	15 heures.
7	trois quarts.	rougeâtre.	durs.	près de trois.	assez.	10 jours.
8	une heure.	jaune-clair.	très-durs.	trois.	peu.	15 jours.

DES PETITES MASSES,

DU MÊME CIMENT, ONT ÉTÉ CUITES EN CONTACT AVEC LE CHARBON DE BOIS.

cuit 9	un quart.	jaune-clair.	friables.	plus d'un dixième.	beaucoup.	un mois.
10	une demie.	jaune foncé.	durs.	quatre.	peu.	jamais.
11	trois quarts.	jaune vert.	très-durs.	cinq.	peu.	idem.
12	une heure.	idem.	vitrifié.	cinq.	très-peu.	idem.

à-dire le meilleur possible. Si l'on ajoutait plus de terre, le ciment résultant serait moins hydraulique.

Si l'on voulait transformer du ciment à $\frac{1}{4}$, à $\frac{1}{3}$, etc., en ciment à $\frac{1}{2}$, on devrait employer moins de terre; trois en poids leur nuirait de même qu'aux mortiers à $\frac{1}{4}$, et au-dessus. Il faut d'autant moins de nouveaux mélanges, qu'il n'y en a déjà plus dans les composans.

Le maximum de terre crue bien divisée se conclut, dans chaque

Ces tableaux apprennent que pour cuire le ciment en expérience : en contact avec le charbon, il ne faut qu'un quart d'heure ; lorsqu'il est dans un four séparé, une demi-heure ; et sur la plaque rouge et pour un certain degré de feu, il doit être grillé une demi-heure ; qu'alors il sera le plus hydraulique possible [1].

Ce qui varie avec toute autre plaque, tout autre degré de feu, ou tout autre ciment. On ne doit espérer de résultats absolument identiques que pour les mêmes élémens, du même volume, mis dans les mêmes circonstances.

En conséquence, si l'on peut choisir entre ces trois moyens de cuisson, on prendra le mode de cuisson sur les plaques, qui est le meilleur et le plus économique, mais si l'on est forcé de se servir de four ordinaire et de mettre même les pâtes en contact avec le charbon, on diminuera le désavantage de la position, en donnant au ciment le degré de cuisson que l'expérience directe indiquera pour le meilleur.

cas particulier, de ce principe, qu'il faut que le ciment résultant, cuit, éteint et mis en pâte, contienne plus de parties enveloppantes que de parties enveloppées.

D'où l'on voit qu'une terre crue, qui ne développe pas, au moins, un tiers de base hydraulique, ne peut pas donner des cimens au demi.

1. Pour des échantillons en grand qui auraient plus de volume, il faudrait plus de temps de cuisson.

CHAPITRE III.

Comment on peut faire l'analyse pratique des différentes substances qui entrent dans la composition des mortiers.

Nous rappellerons que trois espèces de substances, très-abondantes dans le règne minéral, entrent dans la composition des mortiers, savoir : *les chaux* qui se tirent des pierres calcaires, *les sables* et *les terres.*

Les chaux naturelles, sont presque toujours mêlées de sables et de terres; *les sables*, de terres et de sablons; *les terres*, de sables et de débris de végétaux ou d'animaux. Aussi devient-il indispensable, de reconnaître d'abord la nature et les proportions des composans, pour former avec ces diverses substances une composition désirée.

La meilleure chaux hydraulique, c'est-à-dire la meilleure partie enveloppante connue, étant composée : d'eau, de parties égales, de chaux vive en poids et de base hydraulique; et le meilleur mortier hydraulique, s'obtenant par le mélange du meilleur sable, avec un volume de cette partie enveloppante, au moins égale à la somme des vides que les grains de sable laissent entre eux; on doit concevoir la nécessité d'examiner chaque substance à part, dans ce sens, afin de se rapprocher, dans les

mélanges, le plus possible, de ces proportions, reconnues les meilleures par l'observation.

Ainsi, les analyses pratiques que nous allons faire, auront pour but principal de reconnaître, dans les élémens, quelles sont les propriétés hydrauliques et les volumes des parties enveloppantes, et séparément, la nature, le volume et les vides, des parties enveloppées.

ANALYSE PRATIQUE DES PIERRES CALCAIRES.

PREMIÈRE ÉPREUVE.

Comment on évalue ce que les pierres calcaires contiennent de chaux pure.

47. Si l'on n'a pas encore fait de chaux avec la pierre dont on veut l'extraire, il suffira d'en exposer une portion quelconque à un feu de forge alimenté par du charbon, de telle sorte qu'elle soit au moins une heure d'un rouge-blanc; on la laissera refroidir, et l'on obtiendra ainsi de la pierre calcinée, vulgairement nommée *chaux vive*[1].

La première analyse des pierres calcinées, s'obtient facilement sur le chantier, en vertu de la propriété unique qu'a la chaux pure, entre toutes les terres, d'absorber trois fois et un quart son poids d'eau, par l'extinction ordinaire (art. 2): mais il

1. Les propriétés des chaux étant variables avec le mode de cuisson, le combustible, etc., etc., mieux vaudrait analyser la pierre calcaire, tirée des fours qui servent à la fabriquer.

faut, pour bien conclure, essayer la pierre, au sortir du feu, dès qu'elle est refroidie; car les mêmes pierres calcinées, essayées après deux jours, avaient absorbé l'eau de l'air avec une telle rapidité, qu'elles en contenaient déjà plus d'un tiers. Voici la manière d'opérer.

On pèsera exactement la pierre calcaire; puis, en la plaçant dans le fond d'un verre ou de tout autre vase, on versera dessus un volume d'eau, un peu plus que suffisant pour l'éteindre.

Tout le monde sait que la chaux vive, placée dans l'eau, l'échauffe, la fait bouillonner, et se réduit en pâte molle, dans un laps de temps plus ou moins considérable [1].

On attendra qu'elle ait produit tout son effet, et, si le vase est transparent, on distinguera très-bien la chaux en flocons, en bouillie, qui sera séparée et recouverte par une partie d'eau encore assez limpide : après avoir transvasé l'eau surabondante, l'on pèsera la bouillie, l'on retranchera de son poids celui de la pierre calcinée, et l'on obtiendra ainsi celui de l'eau absorbée par elle; de telle sorte que, si la pierre calcinée pesait une livre, et la bouillie obtenue après la fusion quatre livres et quart, il serait évident que la pierre aurait demandé pour se réduire en pâte, trois livres et

1. Plusieurs espèces de mortiers et cimens naturels, dégagent peu de chaleur, et restent long-temps sous l'eau sans s'éteindre.

quart d'eau pure; on l'exprimerait en disant, qu'elle aurait absorbé trois fois et quart son poids d'eau.

48. L'on peut connaître, de suite, la quantité de chaux pure que la pierre calcinée contient, au moyen de la table (art. 63)[1]. Le poids et le volume de la pierre calcinée étant pris pour unité, il suffit de chercher : trois et quart (lig. 1, col. b), et comme on trouve à gauche, sur la même ligne horizontale, (lig. 1, col. a), le mot chaux, la pierre calcinée en expérience est de la chaux pure. Si nous supposons que la pierre calcinée n'ait absorbé qu'un et quart de son poids d'eau, on trouve en regard d'*un et quart* (lig. 7, col. b), que cette pierre est un mortier au demi de base, c'est-à-dire qu'elle est un mélange, d'un de chaux en poids, sur un de base.

Quel que soit le poids de l'eau absorbée, la table fournira de même les proportions en poids de chaux pure et de base, dont la chaux naturelle sera composée. Ce premier rapport servira dans la seconde épreuve, (art. 51)[2].

49. La table (art. 60), fournira aussi le rapport de la chaux et de la base en volume, rapport qui varie

1. Les numéros d'ordre de la table (art. 60), indiquent les lignes horizontales; les lettres désignent les lignes verticales, et la rencontre de ces lignes les objets que l'on veut indiquer.

2. Cette analyse repose sur la propriété qu'a la chaux d'augmenter de volume en s'éteignant, tandis que le volume des terres qui peuvent lui être mêlées, est encore le même après l'extinction.

avec le procédé d'extinction, et qui est bien différent du rapport en poids; par exemple, on voit (lig. 7, col. a), que, un, de mortier au demi de base, est devenu un et demi, en volume, par l'extinction ordinaire (lig. 7, col. c), et comme le demi de base ne peut augmenter de volume, il faut que la chaux soit doublée; en conséquence, le mortier au demi de base en poids, est un mortier au tiers de base en volume; c'est-à-dire, que sur un volume quelconque, pris pour unité, il y a, un de base et deux de chaux; un de partie enveloppée et deux de parties enveloppantes.

Ce second rapport servira pour fixer la quantité de sable qui pourra être ajoutée à ce mortier pour en faire un mortier ordinaire, c'est-à-dire le meilleur et le plus économique que ces élémens puissent donner.

50. Les données de la table d'analyse (art. 63), sont des produits de l'expérience, l'analogie donnant de faux résultats; par exemple, un demi de chaux pure absorbe moyennement un poids d'eau de 1,80 centièmes; un demi de terre absorbe 0,14 (art. 33), le mortier au demi devrait donc absorber 1,94; cependant l'expérience apprend qu'il n'absorbe que 1,25 de son poids d'eau.

On voit en faisant un calcul simple, d'après les nombres de la colonneB, que la même quantité de chaux n'occupe pas le même volume, après l'ex-

tinction, et que dans la chaux pure et les mortiers au quart, aux deux cinquièmes et au demi de base, un de chaux en poids aura des volumes respectivement exprimés par, 3,50, 3,33, 2,90 et 200; c'est-à-dire que la même quantité de chaux pure, éteinte par le premier procédé, aura d'autant moins de volume que la chaux sera plus maigre.

Remarque importante, pour fixer le degré d'économie des mortiers naturels, et la quantité de sable auquel ils peuvent être mêlés (art. 67 et 68).

DEUXIÈME ÉPREUVE.

Comment on évalue la base hydraulique, combinée avec la chaux dans la pierre calcaire calcinée.

51. On formera avec la pierre à chaux calcinée et de l'eau, par l'extinction ordinaire, une pâte de troisième consistance (art. 75), qu'on placera dans un vase, sous une eau pure et tranquille [1].

Cette chaux en pâte peut être entassée dans une boîte sans couvercle et sans fond, à moins qu'ils ne soient percés de trous. Ainsi préparée, on la place sous l'eau, ce qui vaut mieux que de l'immerger isolément.

Or nous savons que l'expérience a appris, que les chaux qui prennent consistance dans l'eau, le second, le huitième ou le vingtième jour, sont mê-

1. Si la pierre ne se réduit pas en pâte il faut la broyer.

lées à un demi, à deux cinquièmes, ou à un quart, de base hydraulique en poids (art. 10).

52. Pour fixer rigoureusement ce qu'on entend par prendre dans l'eau, on doit pour cet objet avoir un petit instrument, composé d'un poids d'une livre, terminé par une petite tige ou cylindre en fer, plat par le bout, et d'une demi-ligne de diamètre (chap. v).

On appliquera, tous les jours, cet instrument sur les mortiers placés sous l'eau, et lorsque les pâtes d'essai le supporteront sur sa tige, placé dessus verticalement, sans dépression sensible, on notera cet instant comme étant celui de la prise.

53. Si nous supposons qu'un essai ait mis quinze jours à prendre sous l'eau, on connaîtra de suite la quantité de base hydraulique qu'il aura développée, par la table d'analyse des cimens naturels (art. 63), en cherchant le nombre 15, lig. 11, col. f, on voit à gauche lig. 11, col. a, que c'est un ciment au tiers de base hydraulique, c'est-à-dire, un ensemble de deux parties de chaux en poids, sur un de base hydraulique. On prend ici le poids du ciment pour unité, sans aucun égard à la base ordinaire qui pourrait lui être mêlée.

Il en serait de même de toute autre analyse; le nombre des jours de la prise, détermine le rapport en poids de la base hydraulique à la chaux pure.

Cette manière d'analyser la base hydraulique

mêlée à la chaux, demande de deux à vingt jours d'attente ; si l'on était pressé de connaître les résultats, on pourrait les chercher par une méthode moins rigoureuse, mais bien précieuse par sa rapidité ; nous l'avons trouvée en faisant nos expériences sur les chaux employées actives (art. 21).

On jette sur la pierre calcinée réduite en poudre très-fine, la quantité d'eau qu'elle demande pour s'éteindre, de telle sorte que l'essai, bien fusé, bien malaxé et presque refroidi, puisse supporter sans dépression sensible le poids de troisième résistance (art. 75); lorsque l'essai ne donne plus de chaleur sensible, on le place sous l'eau, et, si après quelques heures d'immersion, il porte encore le poids de troisième résistance, si les parties en contact avec l'eau sont encore lisses et ne se délaient pas au toucher, c'est un ciment au demi de base hydraulique; si la surface est un peu attaquée, c'est un ciment aux deux cinquièmes; si l'essai ne porte plus la tige, c'est un ciment au quart; enfin, s'il est réduit en bouillie, ce n'est qu'un mortier ou mélange de chaux et base ordinaire.

Comment, d'après les deux épreuves précédentes, on évalue la base ordinaire, contenue dans la pierre calcinée.

54. Il peut se présenter deux cas ; la pierre analysée peut être un mortier ou un ciment.

1° Si la seconde épreuve (art. 51), apprend que c'est un mortier, la base totale qu'il contient

sera de la base ordinaire ; en conséquence, ses rapports en poids et en volume avec la chaux, seront connus par la première épreuve (art. 47).

2°. Si la seconde épreuve apprend, que la pierre calcinée est un ciment, au quart de base hydraulique, par exemple; et que la première épreuve ait annoncé, un mortier au demi de base totale, pour évaluer la base ordinaire, on dira :

Un ciment, au quart de base hydraulique, est un composé : de trois parties de chaux en poids et d'une partie de base hydraulique. La base totale ou somme de la base hydraulique et de la base ordinaire, ayant été annoncée de même poids que la chaux, elle pèsera trois; ainsi la base ordinaire pèsera deux.

La pierre analysée, prise pour unité de poids, sera donc composée de six parties; trois de chaux, une de base hydraulique, et deux de base ordinaire, tiers du poids total; en conséquence on pourra la nommer : *ciment, au quart de base hydraulique et au tiers de base ordinaire, en poids.*

Ces rapports en poids, serviront quand on voudra mêler de la base hydraulique au ciment analysé, pour le changer, à chaud ou à froid, en ciment plus énergique.

Par l'extinction ordinaire, la pierre calcaire, au demi de base totale, augmente de moitié de son volume. Notez bien, que ce n'est pas l'augmen-

tation du volume du ciment au quart que nous prenons, mais celui de la chaux mêlé au demi de base totale (table, art. 63, lig. 7, col. c,); ainsi le volume des six parties, dont la pierre calcinée prise pour exemple se compose, deviendra neuf, et le ciment, c'est-à-dire la partie enveloppante, qu'elle contient, sera sept.

Comme la base ordinaire ou partie enveloppée, n'a pas changé, elle sera toujours deux, c'est-à-dire, les deux neuvièmes du volume total. En conséquence, le ciment au tiers, de base ordinaire en poids, sera un ciment aux deux neuvièmes de base ordinaire en volume.

Cette évaluation de la base ordinaire en volumes, est nécessaire pour fixer les proportions des sables qu'on doit joindre aux cimens, pour en faire des mortiers hydrauliques.

L'oubli qu'on a fait jusqu'à présent, des bases ordinaires dans l'analyse des pierres calcinées, est une des principales causes des anomalies sans nombre, qui m'ont fait désespérer long-temps, de trouver une méthode générale de composition des mortiers.

TROISIÈME ÉPREUVE.

Comment on évalue les élémens physiques ou parties grenues, contenues dans les mortiers et les cimens éteints.

55. Pour compléter l'analyse de la pierre à chaux calcinée, comme il la faut dans la pratique,

après l'avoir soumise aux deux épreuves précédentes, on en formera, par l'extinction ordinaire, une pâte de troisième consistance.

On prendra une partie quelconque de cette pâte, pour unité de volume, et on la soumettra au lavage (art. 57).

Si l'on n'obtient pas de résidus en grains, on en conclura : que toute la base ordinaire est en élémens chimiques ou poudre impalpable.

Il est clair, que toute la base ordinaire sera en grain, si le résidu en grain lui est équivalent.

Si le résidu en grain, est moindre que la base ordinaire, la différence des deux volumes donnera celui de la base ordinaire en poudre.

Enfin le résidu en grain sera séché, on en mesurera le volume et les vides (art. 32).

Ces trois expériences successives, complètent l'analyse pratique de la pierre calcaire calcinée; l'on verra dans le chapitre suivant, combien elles donnent de certitude et de facilité, pour la composition des mortiers.

EXAMEN DES SABLES ET DES TERRES.

56. Quelle que soit la substance qu'on veuille mêler aux chaux pour faire des mortiers, pouzzolans quelconque, sable, terre cuite ou terre crue, on doit avant tout, en prendre une certaine quantité, que l'on divisera en parties physiques

ou grenues et en parties chimique ou poudres.

On peut opérer par la voie sèche, avec des passoires à la main, ou cribles en toile métallique; dont les jours seraient tels, que l'on pût recueillir à part, les sables gros, moyens et fins; ou tout simplement avec une seule passoire, dont les jours auraient moins d'un dixième de ligne.

En agitant la substance dans ce crible, les poudres passeraient au travers et les sables mêlés resteraient dedans : alors on en mesurerait les vides (art. 32), en s'assurant qu'ils ne sont pas dissolubles dans l'eau.

S'il y a des poudres, elles seront mesurées et mises à part, pour être analysées.

S'il n'y a, ni dissolutions, ni poudre, alors l'examen de la substance est achevé; c'est un sable mêlé, composé de sables égaux, dont on pourra augmenter ou diminuer les vides, en le privant de son sable fin, moyen, etc., ou en lui ajoutant de nouveaux sables; mais qui dans aucun cas, ne pourra changer la nature et les propriétés, des parties enveloppantes auxquelles on pourra le mêler [1].

57. S'il y a dissolution, c'est-à-dire si l'eau,

1. Les substances qu'on aurait cru des pouzzolanes, et qui ne contiendraient pas de poudre, ne seraient nécessairement que des sables. Il faudrait alors les employer comme tels, ou essayer de les broyer pour créer des poudres, dans lesquelles on pourrait espérer alors de trouver de la base hydraulique.

dans laquelle on lave le sable, ne reste pas limpide, on en fera l'examen par la voie humide.

L'on place la substance dans un premier vase que l'on emplit d'eau, l'on agite fortement et l'on décante, en versant l'eau dans un vase plus grand; en répétant cette opération, on parvient à ne conserver dans le petit vase que les parties en grains les plus lourdes; ensuite on laisse reposer l'eau du grand vase, quelques heures après on décante doucement, et l'on obtient les parties en poudre, dont on doit mesurer le volume, pour savoir dans quelles proportions elles se trouvent avec la partie en grain, dans la substance examinée : substance dont cet examen fournit les proportions des élémens physiques, mais dont on ne connaîtra bien la nature qu'après en avoir analysé les poudres; puisqu'on ne sait pas encore, si c'est de la base ordinaire ou hydraulique dont ces poudres sont composées.

En conséquence, les poudres seront séchées et mises à part, pour être traitées comme il sera dit dans l'article suivant.

Quant aux sables mêlés obtenus, on peut les séparer en sables égaux avec des passoires, pour reconnaître jusqu'à quel point les proportions se rapprochent de celles à préférer (art. 38), et quels seraient les sables naturels dont les mélanges fourniraient le meilleur sable mêlé.

ÉPREUVES

Auxquelles il faut soumettre les poudres, ou élémens chimiques, contenus dans les sables et les terres.

58. Les sables ne pouvant changer la nature des chaux, si nous avons commencé, dans l'article précédent, par les séparer des poudres, c'est afin de concentrer ces dernières, pour rendre plus évidente leur action particulière sur les chaux.

Or, les poudres peuvent être composées, de base hydraulique et de base ordinaire, et même, si elles proviennent de terre crue, d'élémens contre-hydrauliques (art. 7).

Si la substance examinée, cuite ou crue, est destinée à faire des mélanges à froid ; on en fera un essai composé, de trois de poudre bien séchée et de un de chaux vive, le tout en poids ; l'on malaxera le tout ensemble, avec de l'eau, de manière à former une pâte de troisième consistance (art. 74), qui sera aussitôt placée sous l'eau.

Si la substance examinée doit servir à chaud, pour fabriquer des chaux hydrauliques factices (art. 44), la pâte, au lieu d'être immergée, sera séchée, calcinée, refroidie et de nouveau remise en pâte de troisième consistance. Alors on pourra l'immerger, en la soumettant à la seconde épreuve (art. 51) ; comme on pourrait faire d'une chaux naturelle. Si les pâtes prennent dans l'eau le huitième

jour, on en conclura que ces pâtes sont des cimens au deux cinquièmes, qu'ainsi elles se composent de trois de chaux, et de deux de base hydraulique; or puisque la poudre pesait trois fois la chaux, elle contiendra sept de base ordinaire, sur deux de base hydraulique.

Enfin, si la poudre est le tiers en volume du sable dont on l'a séparée, la substance recomposée sera une pouzzolane, contenant deux de base hydraulique en volume, sur vingt-cinq de base ordinaire; d'où l'on conclurait que cette pouzzolane, mêlée à des parties enveloppantes, leur donnerait, en qualité hydraulique, la vingt-septième partie de ce que deux unités de base hydraulique pourrait leur donner.

Si les pâtes d'essais ne prennent pas dans l'eau, on en conclura que la poudre ne contient pas de base hydraulique, alors il faudra s'assurer, que cette poudre ne contient pas de base contre-hydraulique ou terre crue, ce qui n'est nécessaire que dans le cas des poudres non cuites. On les mêlera à un ciment connu, et l'on s'assurera, en la soumettant à la seconde épreuve (art. 51), que le ciment n'a rien perdu de sa qualité hydraulique.

Autrement il faudrait rejeter la poudre et en purger le sable, à moins qu'elle ne soit en petite quantité et que des raisons d'économie ne balancent la perte, que sa présence ferait éprouver au mortier hydraulique.

L'examen des sables et l'épreuve des poudres qu'ils peuvent contenir, tels que nous venons de les indiquer, doivent servir : pour analyser les sables de rivière, de fouille, les sables volcaniques, ou pouzzolanes naturelles, les schistes calcinés et broyés, les briques pilées, les argiles cuites, la houille, les grès ferrugineux, ou toute autre pouzzolane artificielle quelconque.

En général, quelle que soit la substance que l'on veuille mêler à la chaux pour faire des mortiers, dès l'instant qu'elle est composée de parties grenues appréciables, ou sables, et de parties fines qui peuvent agir chimiquement, il faudra préalablement l'analyser et en classer tous les élémens ainsi qu'il vient d'être expliqué.

59. L'on recommandera par-dessus tout, si l'on veut établir des calculs certains sur des expériences préliminaires, relatives à la quantité et à la nature des substances avec lesquelles on veut faire des mortiers ; d'agir absolument comme on le ferait en grand, sans plus de sujétion ni de soins, et en supposant que l'on dusse se servir d'un lavage imparfait, d'une cuisson particulière, d'une amalgamation grossière, qu'on ne puisse ni broyer, ni passer, etc. ; on devra en user dans les essais de la même façon, autrement on peut être induit en erreur, tandis qu'en employant les mêmes procédés pour les essais, que pour les applications, l'on pourra souvent, en modifiant les proportions, cor-

riger la double influence, des élémens et de la mauvaise manipulation.

MÉTHODE ABRÉGÉE

POUR FAIRE SANS CALCUL L'ANALYSE COMPLÈTE DES MORTIERS ET DES CIMENS.

Lorsqu'on saura se servir des deux tables d'analyse (art. 63), calculées pour faciliter les applications aux praticiens, on pourra connaître, par un simple examen, la composition, les propriétés et les prix des mortiers et des cimens considérés.

EXPLICATIONS RELATIVES A LA TABLE D'ANALYSE DES MORTIERS.

Article 63.

60. Lorsqu'on aura soumis la pierre calcaire aux deux expériences, art. 47 et 51, la première donnera le poids de l'eau absorbée, la seconde le temps de la prise dans l'eau.

Si l'on suppose, que dans l'épreuve (art. 51), l'essai n'ait pas pris dans l'eau, on en conclura que la pierre calcinée en essai n'est pas un ciment, ce sera donc de la chaux ou un mortier; et, si dans l'épreuve (art. 47), l'essai a absorbé une fois et quart de son poids d'eau, en cherchant dans la table, pag. 62, ligne 7, col. b [1], on trouve qu'en effet, c'est un mortier au demi (ligne 7, col. a), et sur la

1. Les numéros d'ordre des tables (art. 63), indiquent la ligne horizontale, les lettres désignent les colonnes verticales et la rencontre de ces lignes l'objet indiqué.

même ligne, col. c, d, e, qu'il donnera 1,50 en volume, soit par l'extinction ordinaire, soit par immersion, et 1,25 par l'extinction spontanée; qu'il ne prendra jamais dans l'eau, col. g; que sa résistance à l'air sera de 2, col. h; qu'il coûtera 33 centimes le pied cube, col. i; et que la chaux pure qu'il contient en coûtera 44, col. k; ainsi la chaux provenant de cette pierre, coûtera trois fois plus qu'elle n'aurait coûté si la pierre n'eût contenu que de la chaux pure, car tout étant égal d'ailleurs, elle fût revenue à 14 centimes, lig. 1, col. k.

EXPLICATIONS RELATIVES A LA TABLE D'ANALYSE DES CIMENS.

Article 63.

61. Imaginons maintenant, que le mortier qui absorbe un et quart de son poids d'eau, ait durci dans l'eau le second jour, il ne peut plus être qu'un ciment; alors on cherchera ce nombre de jours, table des cimens (pag. 62, lig. 14, col. f), et en suivant cette ligne 14, on voit col. a, que c'est un ciment au demi, qui a même foisonnement et même prix que le mortier au demi, mais que sa résistance à l'air sera de six, et sa résistance dans l'eau de neuf.

62. Il peut encore se présenter un troisième cas, c'est celui où le mortier au demi, n'aurait pris dans l'eau que le vingtième jour, par exemple : en cherchant 20 jours (lig. 10, col. f.), on voit (lig. 10, col. a.), que c'est un ciment au quart de base hy-

draulique, et, par conséquent, au tiers de base ordinaire en poids (art. 54).

Dans ce cas, pour connaître les propriétés de ce ciment, il faudra consulter deux lignes différentes; car il aura le même foisonnement et le même prix que le mortier au demi, ligne 7, et les résistances dans l'eau et dans l'air du ciment au quart, ligne 10. Si on l'éteint par le premier procédé, un en volume donnera 1,50, (lig. 7, col. c) et le tiers en poids de base ordinaire deviendra les deux neuvièmes du volume total (art. 54, page 51).

On trouve rarement dans la nature des cimens sans bases ordinaires, et dans la pratique, les cimens que l'on analysera appartiendront presque toujours à ce dernier cas : c'est-à-dire, qu'ils contiendront des bases ordinaires; quelque soin que l'on prenne en éteignant et en broyant la pierre à chaux hydraulique, il reste toujours des parties à l'état de sable.

C'est cette partie à l'état de sable, qu'il est bien essentiel de reconnaître; elle peut être considérée, comme étant déjà une portion de sable ajoutée au ciment, portion qui devra nécessairement être prise en considération, lorsqu'il s'agira de mêler ce ciment avec du sable, pour en former un mortier hydraulique; jusqu'au point, qu'il est quelques cimens naturels, et beaucoup de cimens factices, surtout ceux faits à froid, qui contiennent

assez de base ordinaire pour qu'on ne puisse plus leur ajouter de sable.

TABLE D'ANALYSE

DES MORTIERS ET DES CIMENS.

REMARQUES.

63. Les colonnes : f, g, h, montrent, que les propriétés hydrauliques des premiers cimens, sont d'abord croissantes avec l'addition de la base hydraulique, que un demi de base donne les meilleurs, etc.; qu'ensuite ces propriétés ne font plus que décroître, mais les derniers cimens (lig. 15, col. h), ont des qualités dans l'air que n'avaient pas les premiers (lig. 7, col. h).

La colonne h, montre particulièrement, que les chaux les plus pures sont les plus résistantes et que les mortiers, avec excès de chaux, ont à l'air de l'avantage sur les cimens; mais cela n'a lieu qu'autant qu'ils sont abrités; ils se détruisent étant exposés aux intempéries, tandis que le ciment y devient plus fort. La colonne i, donne les prix du pied cube de mortier et de ciment éteint par le premier procédé.

La colonne k, le prix de la chaux pure que contiennent les mortiers et les cimens analysés.

D'où l'on voit que la chaux la plus pure est la moins couteuse, et que les cimens les plus hydrauliques ne sont pas toujours les plus chers.

TABLE D'ANALYSE.

Table des articles 60 à 63, page 62.

NUMÉROS d'ordre.	DÉNOMINATIONS — ANCIENNES.	DÉNOMINATIONS — NOUVELLE (1).	POIDS de l'eau absorbée par l'extinction. ORDINAIRE.	VOLUMES APRÈS L'EXTINCTION — ordinaire, MIS EN PATE.	par immersion, EN POUDRE.	par immersion, MIS EN PATE.	spontanée, EN POUDRE.	spontanée, MIS EN PATE.	TEMPS de la prise DANS L'EAU.	RÉSISTANCE — dans l'eau APRÈS 2 ANS.	dans l'air APRÈS 3 MOIS.	PRIX DU PIED CUBE — de mortier ÉTEINT.	de chaux ÉTEINTE.
	DES MORTIERS NATURELS OU CHAUX PURES MÊLÉES AVEC DES BASES ORDINAIRES.												
1	Chaux grasse..............	Chaux pure.................	3 1/4	3,50	3,00	2,56	2,50	1,70	jamais....	»	5	» cent.	14 cent.
2		Mortier à 1/16 de base ordin...	3	3,36	2,75	2,40	2,40	1,60	*idem*....	»	4	15	16
3		Mortier à 1/6 .....*idem*.....	2 3/4	3,15	2,66	2,25	2,20	1,40	*idem*....	»	4	16	18
4	Chaux moyenne	Mortier à 1/4 .....*idem*.....	2 1/2	3,00	2,50	2,14	2,00	1,30	*idem*....	»	3	17	20
5		Mortier à 1/3 .....*idem*.....	2 1/4	2,33	2,25	2,10	1,75	1,20	*idem*....	»	3	20	25
6	Chaux maigre.............	Mortier à 2/5 .....*idem*.....	2	2,25	2,00	2,00	1,50	1,35	*idem*....	»	3	23	29
7		Mortier à 1/2 .....*idem*.....	1 1/4	1,50	1,50	1,70	1,25	1,40	*idem*....	»	2	33	44
	DES CIMENS NATURELS OU CHAUX PURES MÊLÉES AVEC DES BASES HYDRAULIQUES. (Texte, article 61 à 63.)												
8	Chaux grasse..............	Ciment à 1/10 de base hydraul.	3	3,36	2,75	2,50	2,40	1,60	6 mois....	1/10	4	15	16
9		Ciment à 1/5 ......*idem*.....	2 3/4	3,15	2,60	2,35	2,20	1,40	2 mois....	1	3	16	18
10	Chaux moyenne peu hydraul.	Ciment à 1/4 ......*idem*.....	2 1/2	3,00	2,50	2,20	2,00	1,30	20 jours....	3	3	17	20
11		Ciment à 1/3 ......*idem*.....	2 1/4	2,33	2,25	2,10	1,75	1,20	15 jours....	4	2	20	25
12	Chaux maigre hydraulique...	Ciment à 2/5 ......*idem*.....	2	2,25	2,00	2,05	1,50	1,10	8 jours....	5	3	23	29
13		Ciment à 9/20 .....*idem*.....	1 1/2	2,00	1,75	1,95	1,33	1,20	4 jours....	7	4	25	33
14	Chaux maigre très-hydraul...	Ciment à 1/2 ......*idem*.....	1 1/4	1,50	1,50	1,75	1,25	1,30	2 jours....	9	6	33	44
15	Chaux très-maigre hydraul..	Ciment à 2/3 ......*idem*.....	1	1,25	1,50	1,70	»	»	10 jours....	6	6	36	54
16	Chaux très-maigre peu hydr..	Ciment à 3/4 ......*idem*.....	2/3	1,00	1,25	1,65	»	»	2 mois....	3	5	50	81
Voyez les articles.....		(art. 11 et 12)	(art. 16 à 19)	Chapitre II.					(art. 11 et 12)	Chap. V.	(art. 76)	(art. 119)	(art. 119)
Lettres indicatrices.....		a	b	c	d	d'	e	e'	f	g	h	i	k

(1) Les fractions ordinaires indiquent les bases en poids; la fraction décimale les bases en volume, les poids et les volumes des substances étant pris pour unité.

Back of
Foldout
Not Imaged

CHAPITRE IV.

Composition générale des mortiers.

COMPOSITION DES MORTIERS FACTICES.

64. Les mortiers de la première partie de la table, art. 63. peuvent être fabriqués de toutes pièces, en mêlant des bases ordinaires aux chaux pures, dans les proportions indiquées par les fractions qui les caractérisent. Comme ils sont tous avec excès de chaux, ces mélanges n'auraient généralement pas d'utilité ; quand on mêle des sables avec de la chaux, ce doit être de suite en proportion telle, qu'on obtienne des mortiers ordinaires, (art. 13).

COMPOSITION DES CIMENS FACTICES.

65. Les cimens peuvent se fabriquer artificiellement, à chaud et à froid : on a dressé deux tableaux de ces cimens factices, ayant les mêmes propriétés que les cimens naturels, sans aucune différence ; quelquefois ils contiennent plus de base ordinaire, et principalement les cimens faits à froid, ce que l'on peut corriger en partie, lorsqu'on en fait des mortiers hydrauliques, en leur ajoutant moins de base.

On peut faire ces cimens factices de quatre ma-

nières différentes, savoir : en mêlant de la chaux pure, à chaud et à froid, avec des bases hydrauliques, en mêlant un mortier naturel (art. 63), à chaud et à froid, avec ces mêmes bases.

Avec les solutions suivantes de ces quatre problèmes, on peut composer tous les cimens possibles, elles ont servi à dresser les tables (art. 66).

PREMIER PROBLÈME.

COMPOSITION DES CIMENS CALCINÉS (ART. 6 ET 44).

L'on propose de mêler et de recuireens emble, de la chaux pure et une terre crue, qui développera un tiers de base hydraulique; l'on demande : dans quelle proportion il faut les mélanger, pour avoir un ciment, au quart de base hydraulique.

SOLUTION.

(Suivez la première ligne de la table, article 66.)

En prenant trois de chaux vive en poids, col. b, il faudra y joindre une partie de base hydraulique pour composer un ciment au quart, mais pour avoir un de base hydraulique, il faudra prendre trois de terre au tiers, ce qui ajoutera deux de base ordinaire dans le mélange, col. d.

La chaux éteinte par le deuxième procédé, foisonne au triple, son volume sera neuf, et le volume total de chaux et base sera douze, col. e ; en

divisant deux par douze, on trouve que la base ordinaire est les seize centièmes, ou sixième, du volume total (1).

D'où l'on voit, qu'on ne peut pas faire un ciment au quart de base hydraulique, avec de la terre au tiers, sans introduire dans ce ciment seize pour cent de base ordinaire en volume.

Comme il est intéressant d'avoir les prix comparatifs des compositions qui peuvent être formées, avec les élémens, nous supposerons que la chaux vive coûte 0,50 centimes le pied cube, la terre crue 0,7, la fabrication du pied cube de ciment 0,19 (art. 119 et 163); avec ces données, on trouve que le pied cube de ciment facticé en pâte coûte, savoir: pour 3 de chaux, 1,50; pour 3 de terre, 0,21, ensemble 1,71, qui, divisés par 12, volume total, donne 0,15, plus 0,19 pour façon, en tout 0,33 cent.

DEUXIÈME PROBLÈME.

COMPOSITIONS DES CIMENS MÊLÉS (ART. 6 ET 43.)

On donne une terre cuite au neuvième de base hydraulique, et l'on demande dans quelle

(1) TABLEAU FIGURÉ DE LA COMPOSITION. PREMIER PROBLÈME.

ÉLÉMENS en poids.	ÉLÉMENS en volume.		RÉSULTAT définitif.
Chaux........ 3	3 de chaux donnent par l'extinction ordinaire..... 9 en ajoutant la base hyd.	on aura le ciment à 1/4 dont le volume est de 10	ciment à 1/4 de base hydraulique et au 16 pour cent de base ordinaire.
Terre à 1/3 de base hyd.... 3	la terre se décompose en { base hyd. 1 { base ord. 2.	plus la base ord. 2	
		Volume total 12.	

proportion elle doit être mêlée à froid, avec de la chaux pure, pour obtenir un ciment aux deux cinquièmes de base hydraulique.

SOLUTION.

Suivez la cinquième ligne de la table (art. 66).

En prenant trois de chaux vive (col. b), il faudra y joindre deux de base hydraulique (c); mais pour réunir deux de base hydraulique, il faudra prendre 18 parties de terre au neuvième, ce qui ajoute 16 de base ordinaire dans le mélange (d), la chaux éteinte par le second procédé foisonnant au triple, donnera 9 parties, et le volume total de chaux et base sera de 27 (e); en divisant 16 par 27 on aura 0,59 pour le rapport du volume de base ordinaire au volume total; ainsi le résultat sera un ciment au 2/5 de base hydraulique et au 59 pour cent de base ordinaire (a) (1).

3 de chaux coûtent 1 fr. 50 cent., 18 de terre à 0,26 cent. coûtent 4,68, le tout divisé par 27 donne 0,22 cent. pour le prix du pied cube du ciment au 2/5 de base hydraul. et au 0,59 de base ordinaire.

(1) TABLEAU FIGURÉ DE LA COMPOSITION. DEUXIÈME PROBLÈME.

ÉLÉMENS en poids.		ÉLÉMENS en volume.				RÉSULTAT définitif.
Chaux vive. .	3	3 de chaux éteinte par immersion donnent.... ..... en y ajoutant la base hyd.		9	on aura le ciment au 2/5 de base hydraulique dont le volume est de......... 11	ciment au 2/5 de base hydraulique et au 59 pour cent de base ordinaire.
terre à 1/9 de base hydr.	18	la terre se décompose en	base hydr.	2		
			base ord.	16.	suit la base ord. 16	
					Volume total 27	

TROISIÈME PROBLÈME.

COMPOSITION DES CIMENS CALCINÉS (ART. 6 ET 44.)

L'on propose de mêler et de recuire ensemble un mortier au quart de base ordinaire en poids, et une terre crue qui développe par la cuisson un tiers de base hydraulique; on demande dans quelles proportions il faut les mélanger pour avoir un ciment aux deux cinquièmes de base hydraulique.

SOLUTION.

Suivez la septième ligne de la table (art. 66).

100 de mortier à 1/4 de base (col. g), ne contient que 75 chaux (h), auxquelles il faut joindre 50 parties de base hydraulique (j), pour avoir un ciment au 2/5 (o); pour réunir 50 de base, on devra prendre 150 de terre à 1/3 de base hydraulique, qui contiendront 100 de base ordinaire (k), réunis aux 25 du mortier (i), ils donneront un volume de 125 (m).

Pour avoir le volume de ciment, il faut chercher dans la table, art. 63, de combien augmente le mortier à 1/4 de base. Supposons qu'on l'éteigne par le deuxième procédé, les cent de mortier donneront 50 (lig. 4, col. d.), mais l'augmentation ne peut être due à la base ordinaire qu'il contient; en conséquence si l'on retranche les 25 de cette base reste 225 pour le volume effectif des 75 parties de chaux.

Or 225 ajoutés, aux 50 de base hydraulique, donne 275 pour le volume de ciment (l), ce volume ajouté à 125 de la base ordinaire (m), donnera 400 pour le volume total (n).

En divisant 125 par 400, on trouve 0,31 pour le rapport de la base ordinaire en volume total. Ainsi le résultat sera un ciment au 2/5 et au 31 pour cent de base ordinaire (o) (1).

Le prix du pied cube se calcule comme pour le premier problème; les 100 de mortier coûtent 0,50 cent., les 150 de terre 0,10, total 0,60; qui, divisés par 400, donnent 0,15. La main d'œuvre coûtant 0,19, le pied cube coûtera 0,34 cent. (p).

QUATRIÈME PROBLÈME.

COMPOSITION DES CIMENS MÊLÉS. (ART. 6 ET 43.)

On donne une terre cuite au neuvième de base hydraulique et un mortier au demi de base ordinaire en poids, et l'on demande dans quelle

(1) TABLEAU FIGURÉ DE LA COMPOSITION. TROISIÈME PROBLÈME.

ÉLÉMENS en poids.			ÉLÉMENS en volume.		RÉSULTAT définitif.
100 parties de mortier à 1/4 de base ordinaire donnent	chaux....	75	75 de chaux éteinte par immersion donnent......... 225 en y ajoutant la base hydr.. 50	on aura le ciment au 2/5 dont le volume est ... 275	ciment au 2/5 de base hydr. et au 31 pour cent de base ordinaire.
	base ord..	25			
150 de terre au tiers de base hydr. donnent..	base hydr.	50	en réunissant la base ord. de la terre et du mortier, on trouve.... 125		
	base ord..	100	Volume total 400		

proportion ils doivent être mêlés pour obtenir un ciment aux deux cinquièmes de base hydraulique.

SOLUTION.

(Suivez la douzième ligne de la table (art. 66).

100 de mortier contient 50 de chaux (col. h), et 50 de base ordinaire (i), pour faire un ciment au 2/5, il faut au moins 32 de base hydraulique (j), ce qui oblige à prendre 288 parties de terre à 1/9, dont 256 de base ordinaire (k); on aura donc : 132 de ciment au 2/5, (o), 306 de base ordinaire, (m) et 438 de volume total (n). Or, 306 divisé par 438 donne 0,70 pour le rapport du volume de la base ordinaire au volume total (o) (1).

Le prix du pied cube se calcule comme pour le deuxième problème, et sera de 28 centimes (p).

Avec ces quatre solutions on peut résoudre tous les problèmes sur la composition des cimens factices, et l'on aura les propriétés des cimens obtenus, en cherchant leur analogue dans la colonne (a) de la table d'analyse de l'article 63, page 62.

(1) TABLEAU FIGURÉ DE LA COMPOSITION. QUATRIÈME PROBLÈME.

ÉLÉMENS en poids.			ÉLÉMENS en volume.				RÉSULTAT définitif.
100 parties de mortier à 1/2 de base ordin. donnent.......	chaux....	50	50 de chaux éteinte par immersion donnent.	100	on aura le ciment au 2/5 dont le volume est de.	132	ciment au 2/5 de base hydr. et au 70 pour cent de base ordinaire.
	base ord..	50	en y ajoutant la base hydr..	32			
288 de terre à 1/9 de base hydr. donnent..	base hydr.	32	en réunissant la base ord. de la terre et du mortier, on trouve....			306	
	base ord..	256	Volume total.			438	

TABLES

DE COMPOSITION DES CIMENS FACTICES.

REMARQUES.

66. On sait que 0, 50 de base ordinaire, est le maximum des parties enveloppées qui puissent être mêlées au ciment lorsque cette base est fort divisée (art. 37), d'où l'on voit que le ciment à 1/4 de base hyd. et au 0,44 de base ordinaire, ligne 4 et suiv., est encore avec un excès de ciment de quelques dixièmes; que le ciment au 2/5 et au 0,59 est un mortier hydraulique ou neutre, et que le ciment à 1/2 et au 0, 66 est avec excès de base ordinaire, et par suite un mauvais mortier hydraulique; en conséquence le premier réclame du sable, le second n'en peut supporter, et le troisième a besoin de chaux; d'où résulte encore, que la terre à 1/9, avec de la chaux pure, ne peut donner de cimens plus hydrauliques que ceux aux deux cinquièmes, qu'enfin ces mêmes terres ne peuvent être mêlées qu'au mortier à 1/4 de base et au-dessous; autrement on aurait de mauvais produits, avec excès de parties enveloppées, lignes 11 et 12.

La neuvième ligne de la table, prouve aussi qu'il faut que la terre soit au moins, au tiers de base hydraulique, pour ne pas donner des cimens avec excès de base ordinaire.

Car si l'on faisait avec le mortier à 1/2, un ciment à 1/2 de base hydraul., on aurait encore 0,50 de

TABLE DE COMPOSITION DES CIMENS FACTICES.

DE CHAUX ET BASE HYDRAULIQUE.

COMPOSITION DES CIMENS CALCINÉS,

Fabriqués avec de la chaux pure, mêlée à de la terre crue au tiers de base hydraulique et calcinés ensemble.

Table de la page 70.

(Texte, article 66.)

NUMÉROS D'ORDRE.	ÉLÉMENS DE COMPOSITION EN POIDS. Chaux pure, vive.	TERRE CUITE SÉCHÉE. Base hydraulique.	TERRE CUITE SÉCHÉE. Base ordinaire.	VOLUME TOTAL du mélange en pâte.	CIMENS OBTENUS. Son prix en pâte de 3e consistance.	CIMENS OBTENUS. Sa dénomination ancienne.	SA DÉNOMINATION NOUVELLE.	SA DÉNOMINATION NOUVELLE. De base hydrauli.	SA DÉNOMINATION NOUVELLE. De base ordinaire.
1	3,00	1,00	2,00	12,00	0,33 cent.	Chaux peu hydraulique.	Ciment	à 1/4	et au 0,16
2	3,00	2,00	4,00	15,00	0,32	Chaux hydraulique:	Ciment	à 2/5	et au 0,27
3	1,00	1,00	2,00	6,00	0,30	Chaux très-hydraulique.	Ciment	à 1/2	et au 0,33

COMPOSITION DES CIMENS MÊLÉS,

Faits par le mélange à froid de la chaux pure, avec de la terre cuite au neuvième de base hydraulique.

(Texte, article 67.)

NUMÉROS D'ORDRE.	Chaux pure, vive.	Base hydraulique.	Base ordinaire.	Volume total du mélange en pâte.	Son prix en pâte de 3e consistance.	Sa dénomination ancienne.	Sa dénomination nouvelle.	De base hydrauli.	De base ordinaire.
4	3,00	1,00	8,00	18,00	0,21 cent.	Chaux peu hydraulique.	Ciment	à 1/4	et au 0,16
5	3,00	2,00	16,00	27,00	0,22	Chaux hydraulique.	Ciment	à 2/5	et au 0,59
6	1,00	1,00	8,00	12,00	0,24	Chaux très-hydraulique.	Ciment	à 1/2	et au 0,66
	b	*c*	*d*	*e*	*f*		*a*		

DE MORTIER ET BASE HYDRAULIQUE.

COMPOSITION DES CIMENS CALCINÉS,

Aux deux cinquièmes, faits avec des mortiers de la table (art. 63), mêlés à de la terre crue au tiers de base hydraulique et calcinés ensemble.

(Texte, article 68.)

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION des MORTIERS COMPOSANS.	de base ORDINAIRE	PARTIES COMPOSANTES. DU MORTIER. Chaux.	DU MORTIER. base ord.	DE LA TERRE. base hyd.	DE LA TERRE. base ord.	VOLUME du Ciment.	VOLUME de la base ord.	VOLUME Total.	DÉNOMINATION DU CIMENT OBTENU (1).	de base HYDRAUL.	de base ORDINAIRE.	PRIX du pied cube.
7	Mortier	à 1/4	0,75	0,25	0,50	1,00	2,75	1,25	4,00	Cim.	à 2/5	et au 0,27	0,34 cent.
8	Mortier	à 2/5	0,60	0,40	0,40	0,80	1,60	1,20	2,80	Cim.	à 2/5	et au 0,43	0,40
9	Mortier	à 1/2	0,50	0,50	0,32	0,64	1,32	1,14	2,46	Cim.	à 2/5	et au 0,46	0.42

COMPOSITION DES CIMENS MÊLÉS

Aux deux cinquièmes, faits par le mélange à froid des mêmes mortiers de la table (art. 63), avec de la terre cuite au neuvième de base hydraulique.

(Texte, article 66.)

NUMÉROS D'ORDRE.	Désignation des mortiers composans.	de base ordinaire	Chaux.	base ord.	base hyd.	base ord.	du Ciment.	de la base ord.	Total.	Dénomination du ciment obtenu.	de base hydraul.	de base ordinaire.	Prix du pied cube.
10	Mortier	à 1/4	0,75	0,25	0,50	4,00	2,75	4,25	7,00	Cim.	à 2/5	et au 0,61	0,24 cent.
11	Mortier	à 2/5	0,60	0,40	0,40	3,20	2,00	3,60	5,60	Cim.	à 2/5	et au 0,64	0,25
12	Mortier	à 1/2	0,50	0,50	0,32	2,56	1,32	3,06	4,38	Cim.	à 2/5	et au 0,70	0,28
	g		*h*	*i*	*j*	*k*	*l*	*m*	*n*	*o*			*p*

(1) Les fractions ordinaires, dans chacun de ces deux tableaux, indiquent les bases en poids ; la fraction décimale, les bases en volume, les poids et les volumes des substances dénommées étant pris pour unité.

jours de très-mauvais mortiers, pouvant servir dans

Back of
Foldout
Not Imaged

base ordin. en volume, c'est-à-dire le maximum de parties enveloppées que le ciment peut supporter.

67. Les cimens factices faits à chaud et à froid, et les cimens naturels peuvent coûter indistinctement plus l'un que l'autre, selon les cas; mais quel que soit le plus économique, considéré en lui-même, dès qu'on ne l'emploie pas seul et qu'on doit le mêler aux sables, l'avantage pécuniaire qu'on aurait à le préférer aux autres ne dépend plus seulement de son prix particulier, mais encore de la quantité de base ordinaire qui lui serait mêlée (art. 65) : tellement que le ciment le plus économique peut donner les mortiers hydrauliques les plus coûteux (art. 68 et 72).

COMPOSITION

DES MORTIERS ORDINAIRES.

68. Les mortiers ordinaires peuvent se composer de toute pièce, avec de la chaux pure et des sables, ou bien avec des mortiers naturels avec excès de chaux, auxquels on ajoute la quantité de sable qui leur manque pour obtenir les mélanges les plus résistans et les moins coûteux.

Quelques soins que l'on prenne, ce sont toujours de très-mauvais mortiers, pouvant servir dans les intérieurs bien abrités, mais facilement détruits lorsqu'ils sont exposés aux intempéries, et sans aucune consistance dans l'eau.

Il ne reste qu'une chose utile à faire pour compléter leur étude, c'est de chercher le maximum de sable qui pourra leur être mêlé.

Si l'on emploie de la chaux et du sable pur, pour composer ces mortiers, on trouvera (art. 35) les proportions exactes, selon les différences de grosseur, et l'on se conformera aux art. 36 et 37.

Si les sables contiennent des sablons et des terres crues, on aura recours aux articles 5, 7, 56 à 59 et 144, et si ce sont des sables mêlés, on se conduira comme le dit l'art. 38.

Enfin, l'on peut avoir des mortiers à mélanger à des sables mêlés, à des sables égaux ou contenant des terres ou sablons; quelques exemples suffiront pour indiquer comment on peut calculer le maximum de sable à ajouter à ces mortiers, maximum qu'on ne devra jamais dépasser.

PREMIER PROBLÈME.

Étant donné un mortier en pâte et en volume, au quart de base ordinaire sans vides, et du sable gros au demi de vide (art. 35), on demande de composer un mortier au maximun de sable.

SOLUTION.

(Suivez la deuxième ligne du tableau général, art. 72, page 78).

Souvenons-nous qu'un mortier ordinaire est un mortier neutre, c'est-à-dire sans excès de chaux

ni de base; on devra donc, puisque le sable est au demi de vide, mettre un de chaux sur deux de sable. Or, 1,00 de mortier au quart de base ordinaire ne contient que 0,75 de chaux dont le double est 1,50; mais comme il y a déjà 0,25 de base ordinaire, reste à ajouter 1,25 de sable (lig. 2, col. e).

Le volume de mortier ordinaire se composera; du volume effectif des 1,25 de sable; qui est 0,62, en le diminuant de ses vides, plus 0,25 de base ordinaire, plus les 0,75 de chaux; il sera donc en tout de 1,62 (lig. 2, col. i).

Et comme le pied cube de mortier coûte 0,17 (lig. 2, col. a) et les 1,25 de sable 0,06 cent., en tout 0,23 pour 1,62, en volume; le pied cube de mortier ordinaire reviendra à 14 cent. (lig. 2, col. m).

Selon la nature de la base ordinaire, on aura égard aux articles 36 et 37. *Voyez* l'art. 72.

DEUXIÈME PROBLÈME.

Étant donné un mortier en pâte et en volume, au demi de base ordinaire, et un sable moyen au dixième de sablon ou terre, former un mortier au maximum de sable.

SOLUTION.

On peut mêler cinq de sable moyen à deux de chaux (art. 35) : or le mortier au 0,50 ne contient que 50 de chaux, et 50 de sable; on peut donc

encore en ajouter 75. Mais 100 parties de sable au 0,10 de sablon ne contiennent que 90 de sable, il faudra donc en prendre 183 parties, sur lesquelles on aura 18 de sablon, qui se logeront dans les interstices du sable moyen; et pourront remplacer l'addition d'une même quantité de chaux qu'on aurait ajoutée en plus et pour le retrait (art. 36).

Supposons maintenant que toute la base du mortier soit de sablon au zéro de vide, alors il demandra quantité égale de chaux (art. 37), et ce mortier sera par lui-même un mortier ordinaire, on ne peut plus lui ajouter du sable.

Remarquons seulement que ce mortier ordinaire parfait dans ses proportions, mais composé seulement de chaux et de sablons, c'est-à-dire d'élémens très-divisés, est plus propre qu'aucun autre à servir de parties enveloppantes, soit à des cailloux, soit à des sables de grosseurs telles, que ses particules puissent en occuper les vides; d'ailleurs, dans les cas d'une légère augmentation de volume, on ajouterait une légère quantité de mortier en plus (art. 37); on le doit d'ailleurs pour le retrait en vertu de l'art. 36. Ces sortes de mélanges sont très-économiques, surtout en éteignant la pierre à chaux par le premier procédé, de préférence au 2e et au 3e, qui développent moins de parties enveloppantes, et le résultat n'est au fond que de la chaux jointe à un sable mêlé.

COMPOSITION

DES MORTIERS HYDRAULIQUES.

69. On peut composer des mortiers hydrauliques mêlant les sables, avec des cimens naturels, et ;ec des cimens factices, calcinés ou mêlés; dans es trois compositions particulières, les qualités ;ont analogues, mais les proportions de sable et ıent seront essentiellement différentes et les déıses aussi variées; le problème de leur compoon est excessivement simple, et se réduit à ce ı suit.

PROBLÈME.

Étant donné, par exemple, un ciment à 1/4 de e hydraulique et au 16 pour cent de base ordire, naturel ou factice, mêlé ou calciné à volonté, si qu'un sable au tiers de vide; composer un ırtier hydraulique, au quart de base hydraulique.

SOLUTION.

(Suivez la 8e ligne du tableau général, art. 72).

Souvenons-nous qu'un mortier hydraulique est mortier neutre, c'est-à-dire sans excès de ciınt ni de sable; on devra donc, puisque le sable t à 1/3 de vide, mettre un de ciment sur trois de sable : or 1,00 de ciment au 0,16 de base ordinaire, contient 0,84 de ciment au quart, dont le triple serait 2,52; mais comme il y a déja 0,16 de base ordinaire, reste à ajouter 2,36 de sable (col. g).

Le volume de ce mortier hydraulique se composera donc du volume des 2, 36 de sable, qui est 1,58 en le diminuant de ses vides, de 0,16 de base ordinaire, et que l'on supposera au zéro de vide, et de 0,84 de ciment, en tout 2,58 (k). Les 2,36 de sable coûteront 0,12 c., un de ciment à 1/4 et au 0,16, coûtent 0,33 c. (a), en tout 0,45 cent., qui, divisés par le volume total 2,52, donnent pour le prix du pied cube de ce mortier hyd. 0,17 cent.

70. Le tableau général, (art. 72) a été calculé ainsi qu'il vient d'être dit, mais on a employé des sables à 1/2, à 2/5, à 2/3, à 1/4 de vide, et l'on a supposé : 1° pour les mélanges avec les sables gros au 1/2 de vide, que tous les cimens, y compris leurs bases, pourraient être considérés comme parties enveloppantes; 2° pour les mélanges de sable moyen au 2/5 de vide, qu'une moitié de la base ordinaire a été comptée comme sable au zéro de vide; 3° que dans les deux derniers mélanges, les bases ordinaires ont été entièrement comptées comme sable au zéro de vide, c'est-à-dire mêlé à partie égale de matière enveloppante [1].

1. On a fait ces diverses hypothèses, parce qu'elles sont d'accord avec les cas les plus ordinaires, les terres cuites sont communément assez divisées, en les mêlant au sable gros, elles en occupent les vides sans en augmenter sensiblement le volume, et peuvent en conséquence étant mêlées avec la chaux être considérées comme parties enveloppantes du gros sable; mais avec le sable moyen le volume augmente, une partie de la terre devient partie enveloppée; enfin lorsque les sables ne laissent plus entre eux que des inter-

TABLEAU GÉNERAL

DE COMPOSITION ET DE PRIX COMPARATIFS DES MORTIERS ORDINAIRES ET DES MORTIERS HYDRAULIQUES.

OBSERVATIONS.

71. La colonne (a) indique les prix de la chaux, du mortier et des cimens de la table art. 63; selon lesquels les cimens mêlés coûtent moins que les cimens naturels ou calcinés; l'on peut voir, colonnes m, n, o, p, le grand nombre de variations que les prix éprouvent lorsqu'on change les cimens en mortier; la grosseur du sable, sa composition, les quantités de bases ordinaires contenues dans les cimens, leurs différentes manières de se composer, selon la grosseur du sable, enfin, le prix et les compositions variées des cimens, feraient aller à l'infini la diversité des prix des mortiers hydrauliques. Tout ce qu'on peut arrêter sur cet article comme sur tant d'autres qui ont été remarqués, c'est que l'on ne peut rien conclure d'absolu.

Les chaux naturelles peuvent donner des mortiers qui coûtent depuis 8 jusqu'à 28 centimes; les cimens naturels, depuis 9 jusqu'à 22 cent. et au-dessus; les cimens factices calcinés, depuis 14 jusqu'à 31 cent.; les cimens factices mêlés à froid,

valles infiniment petits, et que les molécules de ciment ne peuvent plus occuper; le volume augmente de toute la base ordinaire, qui ne peut plus alors être comptéesque comme partie enveloppée (art. 37).

depuis 12 jusqu'à 30 ; ainsi, l'on peut voir que parfois dans l'application, les cimens à froid sont souvent plus chers et présentent moins de résistance que les cimens à chaud qui contiennent plus de parties siliceuses, et que ces derniers sont souvent plus coûteux que les cimens, naturels qui sont généralement mêlés à moins de base ordinaire.

Les colonnes i, j, k, l, donnent les volumes inégaux qui résultent du mélange convenable d'un même ciment avec diverses espèces de sables.

Les résistances dans l'air sont de 1/5 à 2/5 plus grandes que les résistances dans l'eau ; beaucoup de pierres naturelles éprouvent aussi une perte de force quand on les mouille.

Les colonnes, c, d, feront juger de l'insuffisance des anciennes dénominations, et les colonnes, e, f, g, h, du peu d'exactitude auquel on était réduit par le précepte général, qu'il fallait ajouter telles parties de sable aux chaux hydrauliques sans établir de distinction entre chaux et chaux, ciment et ciment, sable et sable, tandis que cette quantité doit varier avec eux ; les quatre lignes, e, f, g, h, sont des exemples de l'extrême variété des proportions, et tout ce qui précède ne doit laisser aucun doute sur la nécessité de s'y astreindre. L'on voit lignes 1, 2, 3, colonnes, m, n, o, p, que plus la pierre à chaux naturelle est pure plus les mortiers ordinaires sont économiques.

Article 72, page 78.

TABLEAU GÉNÉRAL

de composition et de prix comparatifs des mortiers ordinaires et des mortiers hydrauliques.

NUMÉROS d'ordre.	PRIX des mortiers et cimens ÉTEINTS.	LES CIMENS sont :	DÉNOMINATIONS		SABLE AJOUTÉ.				VOLUMES DES MORTIERS DE SABLE.				PRIX RESPECTIFS DU MORTIER DE SABLE.				TEMPS de la prise dans l'eau EN JOURS.	RÉSISTANCE	
			ANCIENNES.	NOUVELLES (1).	GROS à 1/2 de vid.	MOYEN à 2/5 de vid.	FIN à 1/3 de vid.	MÊLÉ à 1/4 de vid.	GROS.	MOYEN.	FIN.	MÊLÉ.	GROS.	MOYEN.	FIN.	MÊLÉ.		dans l'air APRÈS 3 MOIS.	dans l'eau APRÈS 2 ANS.
MORTIERS ORDINAIRES.																			
1	14	»	Chaux grasse......	Chaux éteinte........................	2,00	2,50	3,00	4,00	2,00	2,50	3,00	4,00	0,12	0,12	0,09	0,08	»	2	0
2	17	»	Chaux moyenne...	Mortier à 0,25 centièmes de base ordin.	1,25	1,60	2,00	2,75	1,62	1,97	2,33	3,06	0,14	0,13	0,11	0,10	»	2	0
3	23	»	Chaux moyenne...	Mortier à 0,40 ....*idem*..........	0,80	1,10	1,40	2,00	1,40	1,66	1,94	2,50	0,20	0,17	0,15	0,13	»	3	0
4	33	»	Chaux maigre.....	Mortier à 0,50 ....*idem*..........	0,50	0,75	1,00	1,50	1,25	1,45	1,66	1,13	0,28	0,25	0,23	0,15	»	3	0
MORTIERS HYDRAULIQUES A CIMENS NATURELS.																			
5	17	Calcinés....	Chaux peu hydraul.	Ciment à 1/4 de base hydraulique.....	2,00	2,50	3,00	4,00	2,00	2,50	3,00	4,00	0,14	0,12	0,11	0,09	20	6	4
6	23	Calcinés....	Chaux hydraulique.	Ciment à 2/5 .... *idem*..........	2,00	2,50	3,00	4,00	2,00	2,50	3,00	4,00	0,17	0,14	0,12	0,11	8	8	7
7	33	Calcinés....	Chaux très-hydraul.	Ciment à 1/2 .... *idem*..........	2,00	2,50	3,00	4,00	2,00	2,50	3,00	4,00	0,22	0,18	0,16	0,13	2	11	9
MORTIERS HYDRAULIQUES A CIMENS FACTICES.																			
8	33	Calcinés....	Chaux peu hydraul.	Cim. à 1/4 de base hydr. et au 0,16 centième de base ordinaire..............	2,00	1,76	2,36	3,20	2,00	1,88	2,58	3,40	0,22	0,22	0,17	0,14	20	5	3
9	31	Mêlés......		Ciment à 1/4 et au 0,46	2,00	1,31	1,16	1,70	2,00	1,66	1,77	2,27	0,16	0,16	0,25	0,12	20	4	3
10	34	Calcinés....	Chaux hydraulique.	Ciment à 2/5 et au 0,27	2,00	1,58	1,92	2,65	2,00	1,79	2,28	2,99	0,22	0,23	0,19	0,15	8	7	4
11	39	Calcinés....		Ciment à 2/3 et au 0,42	2,00	1,37	1,32	1,90	2,00	1,69	1,88	2,42	0,25	0,27	0,24	0,20	8	6	5
12	44	Calcinés....		Ciment à 2/5 et au 0,52	2,00	1,22	0,92	1,40	2,00	1,61	1,61	2,05	0,27	0,31	0,30	0,25	8	6	4
13	24	Mêlés......		Ciment à 2/5 et au 0,62	2,00	1,07	0,52	0,90	2,00	1,53	1,90	1,68	0,17	0,18	0,14	0,16	8	5	4
14	26	Mêlés......		Ciment à 2/5 et au 0,71	2,00	0,95	0,16	0,45	2,00	1,48	1,11	1,37	0,18	0,21	0,24	0,20	8	4	3
15	30	Mêlés......		Ciment à 2/5 et au 0,76	2,00	0,86	»	0,20	2,00	1,43	1,00	1,16	0,20	0,24	0,30	0,27	8	4	3
16	30	Calcinés....	Chaux très-hydraul.	Ciment à 1/2 et au 0,33	2,00	1,49	1,68	2,35	2,00	1,74	2,10	2,76	0,20	0,21	0,10	0,15	2	10	8
17	24	Mêlés......		Ciment à 1/2 et au 0,66	2,00	1,01	0,36	0,70	2,00	1,50	1,24	1,52	0,17	0,19	0,21	0,17	2	9.	7
Voyez les...	(art. 63 et 66.)	(art. 11 et 12)	(art. 11)	(art. 11 et 12)	(art. 36 à 38)				(art. 67 à 70)				(art: 68 à 70)				(165. 269)	(20 et 102)	
Lettres indicatrices.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s

(1) Les fractions ordinaires indiquent les bases en poids; la fraction décimale les bases en volume, les poids et les volumes des substances denommées étant pris pour unité.

Back of
Foldout
Not Imaged

MANIPULATION

DES MORTIERS ORDINAIRES.

73. Nous savons que pour obtenir les meilleurs mortiers, non-seulement il faut faire de bonnes compositions, mais encore que ces compositions même sont dépendantes de la manipulation, au point qu'en manipulant sans règles, sans discernement, l'on peut anéantir les propriétés des composans; cependant les vrais principes de fabrication des mortiers sont absolument inconnus de tous les maçons de l'Europe ; on croirait à les voir opérer qu'ils cherchent la solution de ce problème singulier. Comment faire avec de bons élémens pour faire les plus mauvais mortiers? Le procédé vulgairement employé pour les fabriquer est à peu près le même pour tous les pays; il consiste à mélanger ensemble les élémens et toujours de la même manière, tandis que la manutention doit varier avec la nature des composans.

Par exemple, les chaux pures mêlées avec les sables peuvent être mêlées à bras ainsi qu'on le fait communément; mais il ne faut cesser l'action que lorsque le sable est entièrement mêlé avec la chaux, l'ensemble offrant alors un tout parfaitement homogène, ce qui demande un temps en rapport avec le zèle, la force et l'intelligence

des hommes, et le degré de consistance que l'on veut donner au mortier (art. 155).

Pour faire des mortiers de sables mêlés, il faut, autant que possible, commencer par mélanger à la chaux le sable le plus fin; après cette première opération y joindre un sable plus gros, puis le gravier, puis les cailloux. Cet ordre, dans la manipulation, peut diminuer la main-d'œuvre et donner de meilleurs produits. Dans le commencement, la chaux est la partie enveloppante du sable fin, l'ensemble devient la partie enveloppante du sable gros, et le tout devient à son tour la partie enveloppante du gravier et des cailloux. Cette manière de mêler est celle qui doit conduire, avec le moins de peine, à placer convenablement chaque élément à la place qu'il doit occuper, pour former la masse la plus homogène, le meilleur mortier orninaire.

Quand on ne se sert plus de chaux pure, et que l'on emploie pour faire des mortiers ordinaires, des mortiers avec excès de chaux, ces moyens sont encore suffisans pour les mortiers au dixième, au quart et même au tiers de base ordinaire; mais les mortiers aux deux cinquièmes, au demi, etc., refusent souvent de se diviser par l'extinction, et si l'on veut en tirer tout le parti possible, il faut les broyer, après les avoir éteints (art. 140). Ce n'est que lorsqu'ils sont parfaitement broyés qu'on peut

les employer à la manière des chaux pures, autrement une partie de la pierre calcaire reste à l'état de sable, et nuit de deux manières au mélange, 1° parce que ce sable calcaire peu résistant ne vaut pas le sable siliceux (art. 28).

2° Parce qu'un sable factice ainsi obtenu coûte dix fois plus que du sable trouvé dans la nature, que sa présence peut tripler le prix de la chaux et quadrupler le prix des mortiers ordinaires (art. 63).

Il convient donc de broyer en poudre toute la base ordinaire qui se trouve en grain dans les mortiers, afin de leur faire développer le plus de chaux possible, et que le sable qu'on ne pourra réduire en élémens chimiques, soit cependant assez fin pour se loger dans les interstices des parties enveloppées, avec lesquelles on doit les mélanger pour faire des mortiers ordinaires.

On trouve même des pierres calcaires qui, jetées dans l'eau, ne fusent pas, refusent de se diviser, et sont rebutées, comme n'étant pas propres à faire de la chaux; cependant réduites en poudre et mises en pâte, aussitôt l'inversion, elles auraient pu donner des mortiers avec beaucoup de base sans doute, mais bien précieuses pour les localités où la chaux manque.

D'où l'on voit qu'il ne faut pas abandonner à la routine, la manutention des mortiers; si l'on peut, jusqu'à un certain point, s'en rapporter aux ouvriers

pour le mélange des chaux pures et des sables, il faut absolument les diriger pour les mortiers, et principalement pour les cimens ; quelque faibles qu'ils soient, ils ont un commencement d'action qu'une mauvaise manipulation peut détruire, et qui demande des soins pour être développé.

Si les cimens sont très-hydrauliques, le praticien ne peut plus marcher sans le secours de la théorie, s'il veut bien diriger les affinités chimiques, qui sont le principe de leur supériorité. Aussi c'est principalement dans les localités où les cimens sont les meilleurs qu'il faut apprendre à faire valoir les précieuses propriétés dont ils jouissent, et que l'ignorance ou la négligence pourraient si facilement altérer.

MANIPULATION
DES MORTIERS HYDRAULIQUES.

74. Les cimens en général ont aussi, d'autant plus besoin d'être broyés, que les quantités de bases qu'ils contiennent sont plus grandes, et l'on doit toujours les faire à part, soit à sec, soit mouillés, selon le besoin, sans y faire aucune addition de sable; ce n'est que bien broyés, parfaitement en poudre, ou bien réduits en pâte, qu'on peut y ajouter du sable ; mais alors, si ce ne sont pas des sables très-fins, il vaut encore mieux se servir de la machine à mêler (chap. VII), toute action de la

meule ou du pilon sur des sables gros, étant une force mal employée. Nous avons trouvé, par des expériences répétées, que la partie indissoluble des pierres à chaux est toujours celle qui contient le plus de base hydraulique. Dans les essais que nous avons faits en France et en Russie sur des chaux très-hydrauliques, la partie qui entrait en fusion, réduite en pâte de troisième consistance, ne prenait dans l'eau que du huit au vingtième jour; tandis que la partie en pierre, broyée, également réduite en pâte de troisième consistance, prenait du deuxième au troisième jour.

Il y avait donc, entre ces deux résultats, toute la différence qu'il y a, entre une mauvaise et une bonne matière enveloppante; la partie en pâte seule était à peine hydraulique; avec la partie restée en pierre elle l'était au sommum, et pourtant tout tenait à la division, à la manipulation.

Il est encore beaucoup d'autres cas où il est tout aussi nécessaire de broyer; nous recommanderons particulièrement de ne s'arrêter qu'après la plus parfaite division, lorsqu'on veut obtenir de la base hydraulique, le plus possible des pouzzolanes naturelles ou factices. En général, soit qu'on tire les pouzzolanes des volcans, des terres calcinées ou des schistes, etc., on les emploie avec les neuf dixièmes d'élémens physiques, pour un dixième de poudre qui sont encore

6.

loin d'être chimiques, et par conséquent base hydraulique; il en résulte qu'on a fait venir de loin, et produit à grands frais, des sables qui sont toujours moins résistans que le sable siliceux qu'on obtiendrait à très-bas prix dans chaque localité, tandis que ces mêmes sables, séparés des poudres et pulvérisés à part, auraient pu se changer en base hydraulique; en conséquence, si l'on exporte d'Italie des pouzzolanes naturelles; si l'on veut en tout autre lieu fabriquer et expédier des pouzzolanes artificielles à certaines distances, il faut en réduire tous les élémens en poudre impalpable, les sables qu'on ne pourra réduire doivent en être séparés définitivement en lavant, en tamisant ou en ventilant (chap. VII), et rejetés comme base ordinaire, ou vendus et employés comme tels.

Quand on achète des pouzzolanes, c'est de la base hydraulique que l'on demande; l'on doit donc penser que les constructeurs, le commerce mieux instruit, finiront par savoir qu'elle n'est jamais en graine, et que le transport en est d'ailleurs assez coûteux, sans l'augmenter encore inutilement par la présence des sables.

Tout ciment factice calciné est encore dans le cas d'être broyé isolément; on peut en augmenter beaucoup la base hydraulique par un broyage fait avec soin; mais, on le répète encore, il ne faut jamais ajouter de sable pour broyer. Il est permis

de broyer des chaux, des terres à part ou ensemble; peu de force peut les réduire et offrir des résultats utiles, mais des sables, quelle nécessité de les mettre en sablon? Si l'on en voulait absolument dans les mélanges, il vaudrait mieux les prendre dans la nature, et les ajouter au mortier que de les produire à grands frais [1].

Tels sont les principes qui doivent guider pour la manipulation des mortiers.

Ainsi l'on broiera à sec les cimens naturels ou factices, qui devront être employés actifs (art. 21). L'on pourra broyer en pâte les mortiers au tiers, au demi, etc., les cimens naturels, les cimens factices calcinés, et principalement les cimens mêlés (art. 65); mais les amalgames de ces premiers élémens des mortiers avec les sables, se feront toujours par un mélange (chap. VII).

En général toute composition et manipulation des mortiers doit avoir pour but d'obtenir, avec les élémens donnés par la nature, les mortiers les meilleurs et les plus économiques. Or, il faut, pour remplir simultanément ces deux conditions, tra-

1. On a vu dans quelques grands ateliers broyer ensemble les cimens et les sables; ce qui n'était pas une raison pour que les chaux ou cimens fussent bien broyés, sur d'autres travaux on broye les cimens ainsi que l'on vient de le dire, puis ensuite on y ajoute le sable et l'on broye de nouveau; on ne peut pas dire que cette manière d'opérer le mélange soit mauvaise, mais on peut assurer qu'elle est inutile, et par-dessus tout trop coûteuse.

vailler par les moyens les plus simples à faire développer aux sables beaucoup de base hydraulique, aux pierres calcaires le moins de base ordinaire possible, mais le plus de chaux et de base hydraulique qu'on pourra.

Créer de la chaux et de la base hydraulique doit donc être le but de tous les efforts; et l'on n'a que deux moyens très-efficaces pour y parvenir : l'un dépend de la cuisson (art. 41), l'autre de la manipulation; de la manipulation dans ce sens, qu'il faut toujours chercher à faire des élémens chimiques; ainsi macérez, broyez et divisez sans cesse : de la cuisson, parce qu'il faut non-seulement que les élémens soient chimiques pour être hydrauliques, mais encore qu'ils soient modifiés, par l'air et par le feu, d'une certaine manière, sans laquelle on n'a que de la base ordinaire. Nous avons beaucoup travaillé pour préciser les moyens de calcination qui sont susceptibles de faire développer aux chaux et aux terres le plus de base hydraulique avec le moins de frais possible; cependant il reste encore beaucoup à faire, et nous appellerons l'attention des praticiens, des industriels, sur le perfectionnement des machines à cuire et à broyer, comme étant aujourd'hui les recherches véritablement utiles, que l'on puisse entreprendre, pour rendre usuelle, et économique la science de composition des mortiers (chap. VII).

CHAPITRE V.

DE LA RÉSISTANCE DES MORTIERS.

Des différentes manières d'évaluer la résistance des mortiers.

POUR LES MORTIERS AU MOMENT DE LEUR CONFECTION.

75. On appellera consistance l'état pâteux dans lequel se trouve un mortier, au moment de la manipulation; on distinguera quatre degrés de consistance, ainsi qu'il suit :

Le premier degré de consistance n'a point de mesure, c'est celui d'une pâte en bouillie liquide; c'est ainsi qu'on fait les mauvais mortiers; la chaux est noyée, et l'ensemble n'a aucune espèce de corps.

Le second degré de consistance correspond à celui des mortiers ordinaires, qu'on emploie avec des matériaux spongieux dans les pays où la vaporisation est active.

Les essais à ce degré doivent supporter, sans dépression très-sensible, une tige en fer d'une ligne de diamètre, chargée d'un poids d'un trente-deuxième de livre [1].

1. On compose des éprouvettes à l'aide de petites bouteilles qu'on

Le troisième degré, est la consistance des mortiers ordinaires; la tige portant un huitième de livre est sa mesure.

Le quatrième degré est celui des bons mortiers, les plus propres aux constructions; ils supportent la tige chargée d'un quart de livre.

Au-delà de cette consistance, les mortiers sont difficiles à travailler, ce qui oblige à donner de nouvelles explications.

Supposons que les mortiers que l'on vient de broyer soient de l'une des trois dernières consistances précédentes, ils supporteront le poids qui en est la mesure; mais après quelques instans de repos et d'exposition à l'air, ils offriront au doigt une résistance qu'ils n'avaient pas d'abord, et les éprouvettes des consistances supérieures ne pourront même plus les pénétrer, tandis que si on les mêle de nouveau, ils reprennent leur première ductilité; pour distinguer cette consistance que le repos donne au mortier de la consistance première, on la nommera résistance.

Le mortier au premier degré de résistance supportera la tige chargée d'un tiers de livre.

Au second degré, de deux tiers de livre.

Au troisième degré, d'une livre et demie.

Le quatrième degré de consistance est tel, que

charge d'eau ou de sable; la tige étant fixée, avec de la cire d'Espagne, au bouchon qu'elle traverse.

dix minutes après la confection du mortier, il porte le poids de première résistance.

Pour les mortiers hydrauliques plongés dans l'eau, c'est par une éprouvette composée d'un poids d'une livre, placée sur une tige d'une demi-ligne de diamètre, qu'on reconnaît l'instant de la prise; c'est-à-dire leur premier degré de résistance dans l'eau duquel on puisse conclure pour leur résistance à venir : l'expérience ayant appris qu'en général, les mortiers hydrauliques bien faits, qui prennent le plus vite dans l'eau, sont toujours les plus résistans.

POUR LES MORTIERS LONG-TEMPS APRÈS LEUR CONFECTION.

76. Lorsqu'on veut avoir la résistance d'un corps, on peut :

1° Lui faire supporter un effort de fraction;

2° Chercher à le rompre;

3° Le charger d'un poids pour l'écraser;

4° Reconnaître combien une tige soumise à une percussion constante peut le pénétrer;

5° Savoir combien il faut employer de force et de temps pour qu'un foret puisse le percer.

Quand on fait une ou plusieurs de ces expériences sur plusieurs corps, on a leur résistance relative.

Mais si l'on connaît en nombre l'effort exercé sur chacun d'eux, rapporté à une unité commune, on a leur résistance absolue.

Les mortiers pouvant se trouver placés dans une foule de circonstances diverses, on peut avoir besoin de reconnaître les cinq espèces de résistances énoncées, mais ces expériences sont longues et difficiles; elles exigent l'emploi de machines dispendieuses, il est donc intéressant d'en réduire le nombre.

Des calculs et des expériences à l'appui font admettre, comme suffisamment rigoureux dans la pratique,

1° Que la résistance à la traction est proportionnelle à la résistance à la rupture;

2° Que si l'on prend six fois l'effort de traction, on a le poids moyen nécessaire à l'écrasement;

3° Que la résistance à la traction est en raison inverse du carré de l'enfoncement des pointes;

4° Que l'enfoncement des forets n'a aucun rapport avec les autres résistances.

Ces rapprochemens réduisent donc ces expériences indispensables à deux seulement; celle du foret qui donnera les duretés, et l'une quelconque des quatre premières, qui donnera par comparaison les quatre sortes de résistances dues à la ténacité.

Nous choisirons de préférence la quatrième comme étant la plus simple de toutes, et la seule qu'on puisse sans apprêt répéter sur tous les chantiers.

Il suffit de laisser tomber sur les corps en expé-

rience un ciseau pointu, une aiguille de tailleur de pierres, ou bien encore de prendre un marteau à pointe, dont on a élevé la tête à une hauteur constante, en tenant fixe l'extrémité du manche. Le marteau en tombant décrit un arc de cercle autour de cette extrémité comme centre, et dans son état de repos, on mesure facilement de combien il a pénétré dans le corps.

Si l'on veut opérer rigoureusement, il faut avoir recours à la machine décrite dans l'ouvrage de M. l'ingénieur Vicat, et qu'il a imaginée pour faire ses expériences sur les mortiers : elle se compose d'une espèce de petit mouton qu'on fait tomber sur une pointe d'acier, et qui, par sa percussion, la fait pénétrer dans les corps, à peu près comme le mouton d'une sonnette enfonce les pieux.

On a dit que les résistances à la traction étaient en raison inverse des carrés des enfoncemens.

Ainsi, en supposant que ces enfoncemens soient représentés par les nombres 2, 3, 4, etc., pour des corps différens, les carrés de ces nombres étant, 4, 9, 16, etc., on dira que le premier corps a une résistance de traction plus que double de celle du second, et quatre fois plus forte que la résistance du troisième.

Si le premier corps est une pierre, une brique ou un mortier, dont la résistance absolue est connue, on déduira des nombres précédens les ré-

sistances absolues du second et du troisième corps, et par les rapports donnés ci-dessus, les trois autres espèces de résistances dont ces corps sont susceptibles.

On mesure la dureté par le nombre des révolutions d'un foret chargé d'une pression constante, ce qui n'offre aucune espèce de difficulté.

77. D'après tout ce qui précède, on voit que, pour se faire une idée bien exacte des résistances absolues, ainsi que pour les exprimer en nombre, il faut avoir un terme de comparaison.

Or, comme il est très-important de ne donner aux praticiens que des rapports qui puissent de suite leur faire juger approximativement de la résistance des corps, on a pris pour terme de comparaison, de la ténacité et de la dureté, la bonne brique.

Il restait encore à exprimer les résistances en nombres qui puissent représenter, à volonté et sans changement, les résistances relatives ou absolues.

On y est parvenu en représentant la résistance des briques par douze. Quand on dira que la ténacité ou la dureté d'un corps est 6, 4, 3, ou un demi, en considérant ces nombres comme abstraits et sans rien spécifier sur le volume du corps, cela signifiera qu'il a la moitié, le tiers, le quart, ou la vingt-quatrième partie, de la ténacité ou de la dureté de la bonne brique.

Mais si l'on suppose que les nombres 6, 4, 3, 1/2, expriment des kilogrammes, alors ils représenteront les ténacités absolues de la brique et des corps en expérience, en les supposant taillés en prismes, dont la base aurait quatre lignes de côté.

Par exemple, si l'on se reporte à l'article 102, dans lequel on trouve que les tenacités relatives des mortiers modernes, anciens, antiques, etc., sont représentées par les nombres 11, 10, 9, etc., cela veut dire qu'ils sont à un, deux et trois douzièmes près aussi durs que la brique ; ou bien encore que des prismes de ces mortiers, dont la base aurait quatre lignes carrées de côté, seraient rompues par des poids de 11 kil., 10 kil., 9 kil., etc. [2].

RECHERCHES

Sur l'influence que peut avoir sur la prise et la résistance des mortiers hydrauliques, le degré de consistance en les fabricant ; ce même degré en les immergeant, ainsi que sur l'emploi des cimens actifs et des cimens éteints par les trois procédés d'extinction (art. 21 et 75).

EXPOSÉ DES EXPÉRIENCES.

78. Ayant choisi trois cimens qui nous étaient connus pour être à 1/2, au 2/5 et à 1/4 de base hydraulique, nous les avons éteints actifs, par les trois procédés d'extinction (art. 21) ; et immergés

ayant les trois degrés de résistance, ils composent la première partie du tableau suivant.

La seconde partie est relative aux mêmes cimens éteints, comme on fait ordinairement, par les trois premiers procédés; chaque essai a été fait en triple épreuve, on les a laissés exposés à l'air jusqu'à ce qu'ils aient acquis, le premier, deuxième et troisième degrés de résistance, et c'est au moment où ils venaient de les acquérir, par le temps et la dessiccation, qu'ils étaient immédiatement immergés (art. 75).

Les cimens employés actifs, éteints par les deuxième et troisième procédés, n'ont pas dégagé de chaleur sensible, et, comme tous les essais de cimens actifs, ont été préparés en pâte de troisième consistance; il a fallu, pour les immerger aux divers degrés de résistance, attendre plus ou moins de temps.

Quant aux cimens employés actifs par l'extinction ordinaire, comme ils dégageaient de la chaleur, ils acquéraient de suite la résistance voulue, et pouvaient sur-le-champ être immergés.

Les lettres T. H., H. et P. H. du tableau signifient très-hydraulique, hydraulique et peu hydraulique.

EXPÉRIENCE

SUR LA CONFECTION DES MORTIERS.

TABLEAU. Des recherches énoncées, faites sur un ciment très-hydraulique, hydraulique et peu hydraulique.			Nombre des jours que les essais ont mis à prendre consistance sous l'eau. EXTINCTIONS								
			ORDINAIRE.			PAR IMMERSION.			SPONTANÉE.		
			Cimens			Cimens			Cimens		
Numéros des lignes.	degré de résistance au moment de l'immersion.	ÉTAT après la manipulation.	à 1/2 t. H.	à 2/5 H.	à 1/4 p. H.	à 1/2 t. H.	à 2/5 H.	à 1/4 p. H.	à 1/2 t. H.	à 2/4 H.	à 1/4 p. H.
		CIMENS ACTIFS.									
1	1	imm. brûlant...	4	6	20	6	11	16	8	9	15
2	2	immergé froid..	2	4	14	4	9	20	1	5	17
3	2	avec 1 de sable..	1	3	10	8	15	25	4	6	20
4	3	immergé froid..	t···	t···	t	t··	t.	t	t..	t.	t
5	3	avec sable.....	t···	t··	.....	t·	t	.....	t···	t··	.....
		CIMENS ÉTEINTS.									
6	1	1re consistance..	8	10	0	12	13	0	15	23	0
7	2	*idem*.......	5	6	0	6	8	0	11	20	45
8	3	*idem*.......	t	.....	.....	t	.....	0	t	.....	00
9	1	2e consistance..	6	6	0	7	10	0	12	15	0
10	2	*idem*.......	4	5	25	5	7	20	9	13	45
11	3	*idem*.......	t·	t·	17	t·	t·	20	t·	t·	32
12	1	3e consistance..	4	5	0	5	6	0	10	12	0
13	2	*idem*.......	3	4	15	4	4	14	8	8	17
14	3	*idem*.......	t.	t	16	t·	t·	18	t·	t	25
Numéros des colonnes.......			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.

Les points isolés indiquent qu'on n'a point fait d'expériences, et les zéros que les expériences ont manqué.

Dans ce tableau, la lettre *t*, avec un point dessus, signifie que les essais immergés sont toujours restés constans, et les points retranchés ou ajoutés indiquent, après un jour d'immersion, les variations analogues que les résistances des essais ont éprouvées.

Le tableau précédent offre beaucoup de faits instructifs, c'est au lecteur à en faire les rapprochemens, on en indiquera seulement les principaux.

OBSERVATIONS FAITES SUR LE TABLEAU D'EXPÉRIENCE.

PREMIER PROCÉDÉ D'EXTINCTION.

79. Pour obtenir la prise la plus prompte des cimens à 1/2, il faut les employer actifs, quel que soit le procédé d'extinction, et les immerger froids au troisième degré de résistance, ligne 4. Ensuite l'emploi à préférer sera, par ordre et en dégradant : le ciment actif et sable, le ciment éteint immergé, troisième, deuxième et première consistances.

Les cimens aux 2/5 donnent des résultats analogues aux précédens, ainsi que les cimens à 1/4 employés actifs, premier procédé d'extinction, ainsi que ceux mêlés avec du sable

EXTINCTION PAR IMMERSION.

80. Ce mode d'extinction nuit en général aux cimens hydrauliques; les cimens qui le sont très-

peu paraissent assez généralement y être insensibles; on remarque seulement que dès qu'on les emploie actives et avec sable, troisième ligne, il y a une différence très-marquée en faveur de l'extinction ordinaire.

EXTINCTION SPONTANÉE.

81. L'extinction spontanée paraît favorable aux cimens à 1/2 employés actifs, mais autrement elle leur est nuisible ; ce résultat demande confirmation.

82. Tout ciment employé au premier degré de consistance (sixième ligne) perd ses qualités hydrauliques (septième et huitième lignes comparées aux onzième et douzième). Ces cimens ne retrouvent pas entièrement leurs qualités, lors même qu'on attend pour les immerger qu'ils aient acquis les degrés de consistances supérieures.

Tout délavement est très-nuisible et fait perdre aux cimens la moitié et même les trois quarts de leurs propriétés (sixième ligne). Ainsi, les cimens à 1/2 peuvent se réduire à être tout au plus à 1/4, et ces derniers finissent par perdre toutes leurs qualités.

Le deuxième degré de consistance détruit beaucoup moins les qualités des cimens (neuvième et dixième lignes). Au troisième degré de consistance, les cimens ont toutes leurs qualités, on ne peut leur en donner de supérieures qu'en les immergeant

aux deuxième et troisième degrés de résistance.

83. Tout ciment actif immergé chaud aussitôt sa confection, qui a duré quelques minutes, durcit mal dans l'eau et perd un degré de sa qualité.

84. Tout ciment actif immergé lorsqu'il est froid et reposé quinze à vingt minutes (deuxième et troisième lignes), ayant reçu suffisante quantité d'eau pour le bien éteindre, prend dans l'eau promptement et beaucoup mieux que dans toute autre circonstance (voyez les essais des quatrième et cinquième lignes), ils ont pris d'une manière imimprévue, car ce ciment fut mêlé à une quantité d'eau telle qu'étant éteint et froid, il eut aussitôt le troisième degré de résistance, les essais immergés sur-le-champ conservèrent toute leur fermeté, on remarquait seulement, ainsi que l'indiquent les points en plus et en moins, que les cimens à 1/2 gagnaient en résistance, que les cimens à 1/4 avaient rétrogradé, et que les surfaces étaient recouvertes d'une couche molle et délavée.

On trouve bien aussi sur les lignes 8, 11 et 14, des cimens éteints, broyés à toute espèce de consistance, et qui, avec plus ou moins d'attente, ont acquis au contact de l'air la troisième résistance avant d'être immergés, mais on voit encore par les points qu'ils n'ont vraiment pas acquis, dans le même temps, la même fermeté que les cimens actifs.

Quand les cimens sont très-peu hydrauliques,

on parvient difficilement à leur donner assez d'eau pour les empêcher, en les employant actifs, de se gonfler quand on les immerge, et c'est dans ce cas que l'on a raison de dire, comme pour la chaux, que les cimens ne peuvent être employés actifs.

RÈGLES

Déduites des expériences précédentes, pour servir à la confection et au bon emploi des mortiers hydrauliques.

85. Tout mortier délayé de première consistance prend deux et trois fois plus tard que sa nature ne le comporte (art. 75).

Le mortier de deuxième consistance ne perd pas toujours moitié de sa qualité.

Le mortier de troisième a presque toute sa qualité.

Le mortier de quatrième consistance est le meilleur, et c'est ainsi qu'on devrait toujours l'immerger.

Les mortiers de première, deuxième et troisième résistance, ne peuvent être employés que sur les travaux construits avant d'être immergés, toute rupture après la prise offrant une désunion.

86. En laissant les mortiers de première consistance exposés à l'air, en les remuant de temps à autre, pour changer la surface en contact, jusqu'à ce qu'ils aient acquis le troisième degré de consistance, on peut leur faire retrouver la moitié de

leur propriété, c'est un moyen de corriger le mal provenant du délayement des chaux (art. 85).

87. Si l'on est forcé de garder des cimens très-hydrauliques, le meilleur moyen de les conserver est de les réduire mécaniquement en poussière, et de les laisser éteindre, avec le temps, par le troisième procédé, il faut alors les employer avec très-peu d'eau et les bien broyer.

On finira l'examen du tableau (art. 78) par une dernière observation qui peut lui donner une utilité directe.

88. Toutes les fois qu'on fera des mortiers, comme il est toujours possible de connaître la nature de la chaux (art. 47 et 51) le degré de consistance des mortiers, leur degré de résistance avant l'immersion (art. 75), l'extinction qu'on aura préférée et l'emploi de la chaux active ou éteinte, on pourra, en se reportant au tableau, consulter l'essai analogue au mortier qu'on aura fait, en conclure d'avance quel sera l'instant de la prise, et par suite en préjuger les résistances à venir; car après deux ou trois ans la résistance des mortiers qui prennent du premier au quatrième jour, est de 11 à 6 (art. 104).

La résistance des mortiers qui prennent du quatrième au dixième jour, est de 6 à 4.

La résistance des mortiers qui prennent du dixième au vingtième, est de 4 à 2; au-delà, ce ne

sont plus que des mortiers communs qui se conservent presque toujours faibles.

RECHERCHES,

Sur des chaux éteintes par les trois procédés d'extinction. Quelle est l'influence que peuvent avoir des retards apportés dans leur emploi ? quelles sont les limites après lesquelles elles ne peuvent plus servir ? Étudier également la déperdition de force des mortiers fabriqués, séchés et rebroyés.

89. Les essais ont été fabriqués d'après la méthode ordinaire ; ils ont tous été immergés ayant la même fermeté, et après avoir porté le poids de quatrième consistance.

EXPOSÉ DES RÉSULTATS.

PREMIÈRE SÉRIE.

Les essais en furent préparés immédiatement après avoir traité les chaux, par les 3 procédés d'extinction.

	TEMPS DE LA PRISE des essais. NOMBRE DES JOURS. PROCÉDÉS d'extinction.		
	1er	2e	3e
Ciment à 1/2, ou très-hydraulique	2 j.	4 j.	5 j.
Idem avec moitié de sable	2	5	10
Ciment au 2/5, ou hydraulique	5	6	10
Idem avec deux parties de sable	4	20	0
Ciment à 1/4, ou peu hydraulique	24	24	18
Avec deux parties de sable	20	20	18
Chaux pure	00	90	65

Dans ces résultats tout est d'accord avec ce que l'on sait déjà sur l'influence des trois procédés d'extinction ; les deux derniers nuisent aux cimens

à 1/2 et au 2/5 et conviennent mieux que le premier aux cimens à 1/4 et aux chaux pures.

DEUXIÈME SÉRIE.

Le lendemain du jour où ces chaux avaient été éteintes, on en fit de nouveaux essais.

	TEMPS DE LA PRISE des essais. NOMBRE DES JOURS. PROCÉDÉS d'extinction. 1er	2e	3e
Ciment à 1/2	3 j.	4 j.	11 j.
Idem avec un de sable	3	6	10
Ciment au 2/5	5	5	8
Idem avec 2 de sable	4	6	10
Ciment à 1/4	25	26	20
Idem avec 2 de sable	18	18	24

Ainsi l'attente d'un jour a fait perdre de leurs qualités aux cimens à 1/2, la prise en est retardée d'un jour, leur résistance à venir en sera plus faible, les cimens au 2/5 semblent y avoir gagné par les trois procédés d'extinctions, ainsi que les cimens à 1/4 avec sable.

TROISIÈME SÉRIE.

On a fait de nouveaux essais deux jours après l'extinction.

Ciment à 1/2	3	4	12
Ciment au 2/5	4	6	10
Ciment à 1/4	24	28	20

Cette troisième série annonce que s'il y a de la perte de résistance à craindre, en gardant les cimens

éteints quelques jours avant l'emploi, on n'a vraiment à redouter que pour les cimens au 2/5 et à 1/2. Dans ce qui va suivre, les essais ont changé de nature, ce ne sont plus des cimens pris immédiatement après l'extinction qui ont été employés : on a réduit en pâte de troisième consistante les cimens éteints par les trois procédés d'extinction ; ce sont ces pâtes faites en quantités suffisantes, que l'on a fait attendre et dont on a pris des essais à des époques de plus en plus reculées, jusqu'au point que les masses se sont séchées et qu'on a été obligé de les rebroyer plusieurs fois ; enfin, pour savoir jusqu'à quel instant on pouvait se resservir d'un vieux mortier, on les a gardés plusieurs mois à l'air et à l'eau, avant que de les remettre en pâte pour les immerger de nouveau ; de cette sorte on a obtenu des séries d'essais dont la résistance est décroissante, depuis le mortier le plus frais jusqu'au mortier fait avec de la pierre calcaire pilée.

QUATRIÈME SÉRIE.

Cimens conservés trois jours en pâte et immergés après avoir été provisoirement rebroyés.

	TEMPS DE LA PRISE des essais. — NOMBRE DE JOURS. — PROCÉDÉS d'extinction.		
	1er	2e	3e
Ciment à 1/2	4	4	5
Ciment au 2/5	4	5	6
Ciment à 1/4	18	20	12

CINQUIÈME SÉRIE.

		TEMPS DE LA PRISE des essais. NOMBRE DES JOURS. PROCÉDÉS d'extinction.		
		1er	2e	3e
Chaux conservée quatre jours en pâte et immergée après avoir été provisoirement rebroyée.				
Après quatre jours.	Ciment à 1/2	5	4	4
	Ciment au 2/5	3	4	4
	Ciment à 1/4	16	17	10

90. Les pâtes de réserve étant entièrement séchées le cinquième jour, il a fallu les rebroyer, y ajouter de l'eau et les réduire en pâtes avant que de les immerger.

Après cinq jours.	Ciment 1/2	6	5	4
	Ciment 2/5	5	6	5
	Ciment 1/4	16	18	11
SEPTIÈME SÉRIE.				
Rebroiement des pâtes et nouvelle addition d'eau avant l'immersion :				
Après dix jours.	Ciment 1/2	8	6	5
	Ciment 2/5	6	7	6
	Ciment 1/4	14	16	11
HUITIÈME SÉRIE.				
Après un mois.	Ciment 1/2	10	8	5
	Ciment 2/5	8	10	6
	Ciment 1/4	10	10	10
NEUVIÈME SÉRIE.				
Après deux mois.	Ciment 1/2	25	20	20
	Ciment 2/5	20	15	18
	Ciment 1/4	8	10	10

DIXIÈME SÉRIE.

Pierre calcaire non-calcinée, broyée, mise en pâte et immergée.

Pierre calcaire à chaux pure.	Cette pierre a pris consistance.
Pierre calcaire à 1/4 de base hydraulique	Un peu moins.
Pierre calcaire au 2/5 de base hyd.	Moins encore.
Pierre calcaire à 1/2 de base hyd.	Pas du tout.

91. Les expériences précédentes ont été répétées sur des masses de mortiers conservées dans l'eau. On a obtenu pour les cimens, à peu de chose près, les mêmes résultats ; si bien que les cimens au 2/5 et principalement les cimens à 1/4, pourraient de cette manière resservir long-temps comme mortier.

92. Dans ces dix séries d'expériences, les résistances des trois espèces de cimens que l'on a étudiés se sont entièrement renversées ; dès la seconde série le ciment à 1/2 perd de sa qualité, mais les cimens au 2/5 et à 1/4 y gagnent ; à la troisième série ce dernier y gagne encore, tandis que le ciment au 2/5 reste stationnaire : à la quatrième série, malgré les différens procédés d'extinction, les résultats s'égalisent ; le ciment au 2/5 y gagne partout, mais principalement le ciment à 1/4.

Les progrès deviennent de plus en plus marqués dans les cinquième, sixième et septième séries ; mais le ciment à 1/2 perd sans cesse ; à la septième série le ciment au 2/5 commence aussi à perdre de sa qualité, et sa déperdition continue de plus en plus jusqu'à la dernière.

On serait donc conduit à conclure d'après ces essais,

1° Que les cimens rebroyés finement à chaque nouvel emploi peuvent garder long-temps leur propriété hydraulique;

2° Que les cimens à 1/2 perdent sensiblement jusqu'au huitième jour (première, deuxième et troisième séries), mais qu'en mouillant à l'avance les poudres données par les deuxième et troisième procédés d'extinction, les essais y gagnent alors d'une manière très-marquée; quatrième, cinquième et sixième séries; de telle sorte que si l'on avait depuis quelque temps des cimens éteints par les deuxième et troisième procédés, un bon moyen d'emploi serait de les mouiller à l'avance;

3° Que les cimens au 2/5 gagnent par tous les procédés d'extinction des qualités hydrauliques jusqu'à la sixième série, et qu'après ils commencent eux-mêmes à les perdre; tandis que les cimens à 1/4, en acquièrent toujours de nouvelles, au point de devenir véritablement hydrauliques.

4° Que les pierres à chaux même, et sans avoir été cuites, mais étant bien pilées et mêlées avec de l'eau, donnent un mortier qui durcit à l'air et qui prend un peu consistance dans l'eau; la pierre broyée qui réussit le mieux est la pierre à chaux la plus pure; ce qui confirme les inductions précédentes, en indiquant les limites vers lesquelles

tendent les essais retardés des cimens à 1/4, et que les expériences n'ont pas atteint.

RÈGLES

Déduites de ce qui précède, pour le cas des mortiers parfaitement rebroyés.

93. Les cimens éteints par les deux derniers procédés, et conservés en poudre, perdent à attendre (deuxième et troisième séries).

Les cimens au 2/5 peuvent se conserver en pâte, sans perte bien sensible, autant de jours qu'ils en mettent à prendre dans l'eau.

Si l'on emploie les cimens par les deuxième et troisième procédés d'extinction, on doit les réduire en pâte quelques jours avant que de les employer, à moins qu'on ne les emploie actifs et avec sable (art. 78), ligne troisième.

Lorsque les cimens sont peu hydrauliques, on peut accélérer le temps de la prise en les gardant après la manipulation (huitième série).

Si l'on emploie des mortiers faits avec des chanx pures rendues hydrauliques par l'extinction spontanée, il faut les préparer le plus long-temps possible avant l'immersion comme toutes les chaux peu hydrauliques, leurs propriétés hydrauliques ne peuvent qu'y gagner.

94. Maintenant il reste à faire deux observations très-importantes. La première est relative au temps

de la prise des essais rebroyés, qui ne peut pas servir à conclure, comme à l'art. 88, les résistances à venir, surtout dans les dernières séries, qui prennent dans l'eau, il est vrai, mais qui donnent des mortiers peu résistans : l'addition d'un peu de ciment nouveau pourrait leur rendre leur qualité.

La seconde observation est relative à la manipulation.

95. Les essais de l'article 89 ayant été refaits à la manière des mortiers ordinaires, c'est-à-dire en mêlant les parties au rabot et en les jetant dans l'eau en masse ; les résultats ont été essentiellement différens de ceux que les mortiers broyés avec soin avaient donnés.

Les essais par l'extinction ordinaire ont bien été jusqu'à la sixième série, mais par les deux derniers procédés d'extinction, ils ont toujours donné des résultats au-dessus des premiers ; lorsqu'on a été obligé de remettre de l'eau sur les mortiers séchés pour les rebroyer de nouveau, les essais cessèrent de prendre consistance dans l'eau, ou bien ceux qui prenaient ne donnaient que des produits peu résistans.

Cette déperdition de toute qualité hydraulique était très-marquée dans les cimens à 1/2, et s'affaiblissait graduellement jusqu'au ciment à 1/4 qui finirent aussi par ne plus rien donner.

Des cimens éteints par les deux derniers pro-

cédés qui étaient restés mouillés plus que le temps nécessaire à leur prise, avaient entièrement cessé d'être hydrauliques, et passé à l'état de solide.

En conséquence, on fera les modifications suivantes aux règles qui précèdent (art. 93).

MODIFICATIONS

Pour le cas où l'on n'aurait pas de machine à broyer les mortiers.

Les mortiers seront employés nouvellement faits avec des cimens éteints par le premier procédé, on s'expose en les traitant comme il est dit article 93.

Une fois séchés à l'air ou pris dans l'eau, si l'on est obligé de les remêler, on ne peut plus les employer avec sécurité.

Les cimens mouillés ou éteints par les deux derniers procédés et conservés long-temps ne sont point d'un bon emploi s'ils ne sont parfaitement rebroyés.

INFLUENCES DE LA DESSICCATION

SUR LES MORTIERS EN GÉNÉRAL.

96. L'observation a appris que la dessiccation rapide nuit beaucoup aux mortiers, et qu'ils n'acquièrent jamais toute leur force que par une dessiccation ménagée.

On peut distinguer trois sortes de dessiccation :

1° La dessiccation lente,

2° La dessiccation moyenne ;

3° La dessiccation rapide.

Les mortiers hydrauliques perdent par la dessiccation moyenne les trois dixièmes de leur force, et par la dessiccation rapide les huit dixièmes de la force qu'ils auraient acquise par la dessiccation lente.

La dessiccation lente n'est pas aussi nécessaire aux chaux communes.

Ainsi le mortier ne peut acquérir toute sa force qu'autant que l'acte de sa solidification n'est pas troublé, et chaque fois qu'on l'expose à une dessiccation prompte, il en perd nécessairement une partie.

97. Beaucoup de circonstances peuvent contribuer à accélérer ou à retarder la dessiccation; les expositions au nord, au midi; le contact des mortiers avec des matériaux compacts, spongieux; l'état de l'atmosphère, les saisons, etc.; c'est pourquoi il est souvent difficile de maintenir les mortiers des maçonneries dans l'espèce de macération qui convient à la dessiccation lente; mais on doit dans tous les cas ménager la dessiccation, quelle que soit celle que l'on doit obtenir, de manière à ce qu'elle se fasse par les degrés les plus insensibles possibles, c'est-à-dire sans secousse et par des passages essentiellement égaux.

MORTIERS ORDINAIRES.

98. On demande souvent combien il faut de temps pour que le mortier ait acquis toute sa consistance, et l'on s'attend communément à une solution générale; cependant il est généralement impossible de dire combien il faut d'années pour qu'un mortier puisse acquérir toute sa dureté : il existe autant d'époques diverses que de mortiers différens, et ces époques sont encore modifiées par une foule de circonstances locales : s'agira-t-il d'un mortier ordinaire ou hydraulique, d'une muraille épaisse ou mince, avec ou sans enduits, exposée au vent, au soleil, ou à la pluie, composée de moellons durs, lisses ou spongieux, de pierre calcaire, siliceuse, etc., de tufs ou de briques; voilà autant de cas qui peuvent accélérer ou retarder le moment de leur plus grande résistance.

Tout ce que l'expérience et l'observation ont pu apprendre sur un sujet aussi varié; c'est qu'en général : les pièces de mortier d'un petit volume exposées à l'air parviennent en moins de deux ans à un degré de consistance qui augmente fort peu par la suite.

En cherchant à apprécier leur résistance, on a trouvé que des mortiers faits depuis dix-huit mois augmentaient en quinze ans d'un huitième de leur

résistance primitive[1]. Il est bien entendu que ces résultats obtenus sur des pièces de mortiers isolées, ne peuvent servir de terme de comparaison pour d'autres cas; ces mortiers ayant plus séchés en dix-huit mois d'exposition à l'air que s'ils fussent restés dix ans au centre d'une épaisse muraille.

INFLUENCE DES INTEMPÉRIES

SUR LES MORTIERS EXPOSÉS A L'AIR.

99. L'inconstance du temps dans les saisons où il ne gèle pas, loin d'être nuisible aux mortiers exposés en plein air, en augmente la dureté dès qu'ils ont la moindre propriété hydraulique : les murailles battues depuis plusieurs siècles par les vents et les pluies, comparées aux maçonneries couvertes, ne laissent aucun doute sur la généralité de cette observation.

Il n'en est pas de même des fortes gelées, elles font éclater les mortiers, les renversent et les réduisent en poussière.

On a remarqué que les terres ordinaires, les briques crues et les mortiers qui contiennent beaucoup de chaux, se détruisent par les gelées, et qu'en général tous les matériaux dans lesquels la

1. L'on doit remarquer que les accroissemens de résistance sont toujours plus forts les premières années; qu'en conséquence ils sont à peine appréciables les dernières, et que, dans le cas qui nous occupe, après dix ans le mortier peut être considéré comme ayant toute sa dureté.

transsudation de l'eau n'est point libre, se gonflent, éclatent et tombent en débris. En conséquence, les mortiers pour enduits qui sont exposés aux gelées, devront au plus contenir le minimum de chaux indiqué article 35 à 38 [1].

SUR LES MORTIERS PLONGÉS DANS L'EAU.

100. Les mortiers placés sous l'eau sont dans des situations beaucoup moins variées que les mortiers exposés à l'air ; aussi l'influence que le temps exerce sur eux peut-elle être plus rigoureusement appréciée.

Les mortiers peu hydrauliques emploient plus de temps que les autres pour acquérir leur maximum de résistance ; on est fondé à penser que ce temps ne s'étend pas au-delà de dix ans.

Les mortiers peu hydrauliques font plus de progrès dans la seconde année que dans la première ; ainsi la vitesse de ses progrès est accélérée.

La résistance des mortiers hydrauliques annonce aussi une accélération.

Les progrès des mortiers très-hydrauliques commencent à se ralentir à la fin de la seconde année.

1. J'ai fait en Russie des expériences pour reconnaître l'effet que les grands froids peuvent produire sur les enduits. Voici le résumé de mes observations :

Le mortier qui résiste le mieux à la gelée est le mortier très-hydraulique ; il résiste d'autant plus, qu'il est en proportion rigou-

INFLUENCE DES EAUX COURANTES

SUR LES MORTIERS.

101. Soumis à l'action des eaux courantes, les surfaces des mortiers en contact avec le fluide sont attaquées, tellement qu'une colonne en mortier peu hydraulique pourrait, quel que fût d'ailleurs son diamètre, disparaître au bout d'un certain nombre d'années, dépendant de l'action du courant.

Les mortiers très-hydrauliques résistent seuls au

reuse de sable et de chaux, et qu'il a été un plus grand nombre d'années abrité.

Lorsque les enduits sont susceptibles d'être mouillés ou exposés à l'humidité, il faut les faire en sable mêlé à sable gros (art. 38). S'ils sont à l'abri, quoique exposés à l'air, ils peuvent être faits en sable moyen et même en ciment pur pour filer des moulures, etc.

Dans ces diverses situations, la gelée prendra après un temps sec ou après un temps pluvieux; les résultats sont alors très-différens.

Après le temps sec, les enduits résistent parfaitement, même au plus grand froid; après le temps humide, ils résistent moins: les plus exposés se détruisent; après le temps de pluie, ils éclatent et tombent en poussière, en débris.

La force de la gelée et sa durée n'ont d'influence que sur les masses d'enduit très-épaisses, et dans lesquelles l'eau a pénétré; elles les séparent entièrement des murs; mais sur les enduits de petite épaisseur, le premier froid, à quelques degrés au-dessus de zéro, produit tout autant d'effet qu'un froid plus prolongé et plus intense.

Faire les socles des bâtisses en pierre, éloigner les enduits des lieux humides, recouvrir les moulures extérieures qui peuvent recevoir la pluie, par des bandes en tôle de fer; peindre à l'huile ou avec des graisses, des résines, afin de boucher les pores des enduits, sont les seuls moyens de les préserver.

courant de l'eau, et cette résistance croît toujours avec les années [1].

DES MORTIERS ANTIQUES

COMPARÉS AUX MORTIERS DU MOYEN AGE ET AUX MORTIERS MODERNES.

102. Nos ancêtres connaissaient l'art d'obtenir des mortiers solides, les constructions qu'ils nous ont léguées en renferment d'aussi résistans que les mortiers antiques.

On apprécie souvent la bonté des mortiers par la durée des édifices; cependant beaucoup d'édifices, par la nature de leurs matériaux, leur grandeur, leur bonne disposition, ont plutôt garanti les mortiers qu'ils ne leur doivent leur propre conservation.

Il ne faut pas croire que toutes les constructions des Grecs et des Romains, ou des peuples qui leur ont succédé, aient été toutes aussi solides que

1. Si l'on doit jeter les mortiers hydrauliques dans l'eau courante, et qu'il faille que les parties jetées séparément se relient entre elles, on ne peut employer que des mortiers de 3[e] et 4[e] consistance (art. 78); et dans cet état, ces mortiers seraient encore loin du terme de leur prise. Il deviendrait donc indispensable de les mettre à l'abri du courant, au moins jusqu'au moment où ils seraient solidifiés.

Dans le cas où l'on pourrait maçonner à sec, la maçonnerie dût-elle être immédiatement submergée et soumise à toute l'action du courant de l'eau, on pourrait employer les mortiers très-hydrauliques, actifs, avec la certitude qu'ils n'en seraient pas altérés. (art. 21.)

celles dont nous apercevons les vestiges : on faisait autrefois d'aussi mauvais mortiers qu'on en fait aujourd'hui, et qui entraînaient, comme de nos jours, la chute des mauvaises constructions.

On a beaucoup vanté l'excellence des mortiers antiques, et l'on a d'autant plus regretté d'en ignorer la composition, qu'on était plus persuadé qu'il était impossible aux modernes d'en fabriquer qui aient leur dureté, qu'on attribuait au temps, à l'emploi des pouzzolanes, etc., etc.

103. Cependant des expériences comparatives ont prouvé que les mortiers antiques ne sont pas tous également bons; qu'ainsi le temps n'est pas la seule cause de leur dureté; qu'enfin beaucoup de ces mortiers et des plus résistans ne contiennent pas de pouzzolanes.

104. Maintenant, en divisant en trois classes tous les mortiers bien faits âgés de deux ou trois ans, qui ont été fabriqués pour des recherches expérimentales, et en comparant les résistances, on s'est convaincu qu'on peut faire, en très-peu d'années, des mortiers dont la force l'emporte sur celle des meilleurs mortiers antiques.

En effet, les mortiers très-hydrauliques de sable quartzeux ont résisté de onze à six.

Les mortiers hydrauliques : de six à quatre.

Les mortiers peu hydrauliques : de quatre à deux.

Quant aux mauvais mortiers ordinaires composés

de chaux commune et sable quartzeux, qu'emploient les maçons, leur résistance ne s'élève guère qu'au-dessus de un.

La résistance des mortiers essayés varie, de 11 à 1.

La résistance des mortiers antiques éprouvés varie aussi, de 11 à 1.

La résistance des mortiers anciens a varié seulement, de 9 à 1.

Pour compléter ces comparaisons, rappelons-nous que la résistance des pierres à la rupture est pour :

Le silex, de.	70 à 80.
Le bazalte, de.	50 à 70.
Le granite, de.	40 à 50.
Le calcaire dur, de. . . .	20 à 40.
Le calcaire tendre, de. . .	10 à 20.
Les laves et tuf, de. . . .	6 à 10.
Les gypses et grès tendres, de.	1 à 6.

105. La réunion de ces expériences montre évidemment,

1° Que les mortiers modernes faits d'après les principes établis dans ce qui précède, peuvent être en peu de temps aussi résistans que les mortiers antiques.

2° Que les mortiers peuvent être plus durs que les pierres calcaires tendres, pas autant que les

calcaires durs, et à plus forte raison que les granites.

En conséquence on peut dire avec assurance, qu'il est possible de faire des mortiers aussi durs que les pierres ; mais pour éviter les fausses généralités, il faut spécifier que les mortiers dont on parle seront de la meilleure qualité, c'est-à-dire essentiellement hydrauliques, par conséquent insolubles dans l'eau, et qu'enfin lorsqu'on dit qu'ils auront la dureté des pierres, on n'entend parler que des pierres les moins résistantes.

SECONDE PARTIE.

APPLICATION.

Procédés pratiques, de l'art de confectionner les chaux et les mortiers et d'en bien diriger l'emploi.

CHAPITRE V.

Des pierres et des fours à chaux.

106. Toutes les fois qu'un auteur fait une découverte et en indique le but, il faut encore, pour en consacrer l'usage, que des hommes de l'art en fassent les applications les plus usuelles, qu'ils décrivent les méthodes qui doivent guider, et démontrent par l'expérience en grand, les avantages que la société peut en retirer.

Mais aussitôt que l'on cherche des résultats nouveaux, dès que l'on quitte les sentiers battus; malgré qu'il ne faille qu'appliquer, on est conduit à faire des recherches nouvelles, soit en machines, soit en procédés simples et de facile exécution, soit en dispositions qui puissent amener l'ordre et la célérité dans la distribution des travaux.

Ces détails indispensables pour former un établissement industriel sont des innovations tout aussi utiles que d'autres, et sans lesquelles les premières n'auraient jamais toute leur valeur.

Lorsque les parties de la fabrication sont bien ordonnées, il ne reste plus qu'à former des hommes qui soient en état d'exécuter les manipulations, de bien diriger l'emploi des machines, et d'arriver dans le moins de temps et avec le moins de travail possible, à créer des produits parfaits : par la réunion de ces quatre espèces de travaux différens, la découverte est complétée, c'est alors qu'elle est entièrement du domaine de l'industrie, qu'elle peut se répandre facilement, et donner en tous lieux des produits, qu'avant elle on n'eût pas été certain d'obtenir.

C'est ainsi que dans l'art de faire les mortiers, l'on peut dire que la première partie du travail, celle qui constitue la découverte, a été faite par M. l'ingénieur Vient. Les répétitions en grand que nous avons faites de ses expériences, et la méthode générale de composition que nous en avons déduite, en est la seconde; enfin, les moyens d'application que nous allons développer formeront la troisième. Quant à la quatrième, elle doit être créée pour chaque localité : c'est donc aux praticiens, aux industriels que n'effraie point le travail et qui ont de l'intelligence, qu'il appartient de

former sur tous les centres de travaux des ouvriers propres à la manutention, à l'exécution, ainsi que nous l'avons fait plusieurs fois nous-mêmes; s'ils veulent profiter de notre expérience, ils peuvent prendre cet ouvrage pour guide, ils y trouveront réuni tout ce que la pensée a pu saisir d'éclaircissemens et de détails propres à mettre sur la voie des bonnes confections; nous eussions désiré pouvoir faire davantage, mais on ne peut donner l'habitude de fabriquer, ni faire franchir sans études et sans peine les difficultés inhérentes à toutes les applications des arts, dont la facile exécution, quoi que l'on puisse écrire, ne sera jamais qu'un fruit de l'expérience.

RECONNAISSANCE DES PIERRES A CHAUX.

107. La chaux s'extrait principalement des pierres calcaires (combinaison de chaux et d'acide carbonique); il est quelques localités où on la retire des dépôts marins, des coquilles d'huîtres, des madrépores, des produits d'animaux; mais ce sont des cas très-particuliers.

Dans quelque circonstance que soit trouvé le carbonate de chaux, il n'est qu'un seul bon moyen de reconnaître sa nature et les avantages que le constructeur pourra en retirer : c'est de le soumettre aux épreuves (art. 47 et 51).

La situation dans laquelle on trouve la pierre

calcaire, sa texture, sa couleur, sa dureté, son poids, etc., et toutes les autres prévisions dont on a grossi les livres depuis Vitruve, ne peuvent conduire à aucune certitude ; il faut les laisser, avec les opinions contradictoires, accréditées sur la chaux, les sables et les mortiers, dans le plus profond oubli ; et concevoir, que l'examen minéralogique et même l'analyse chimique, qui n'est pas à l'usage de tout le monde, seraient souvent inutiles, parfois nuisibles et toujours insuffisans pour le constructeur ; car son premier besoin n'est pas de savoir les quantités réelles de bases et de chaux contenues dans la pierre, mais bien de reconnaître les quantités qui seront développées de fait par la manutention employée sur le chantier : ce qui le renferme impérieusement dans le cercle étroit des analyses pratiques du chapitre III, à la charge de les exécuter comme il opérerait en grand (art. 59).

Le seul examen préliminaire qui puisse être utile consiste à rechercher si l'élément qu'on veut éprouver est un carbonate : pour cela, il suffit de jeter dessus une goutte de vinaigre, d'acide nitrique, ou muriatique ; ou bien encore de le réduire en poudre et d'en jeter une pincée dans ces acides; c'est un carbonate s'il y a effervescence, bouillonnement, dégagement de gaz. On peut alors le soumettre aux épreuves du chapitre III, pour savoir positivement si c'est un carbonate de chaux, et

la quantité de chaux de base ordinaire et de base hydraulique qu'il pourra développer.

La pierre calcaire peut se trouver en débris dans le lit des torrens, en galets roulés sur le bord de la mer, même à l'état de sable calcaire. Cependant on la trouve le plus communément superposée par couche, ou réunie en masse, à la surface ou dans le sein de la terre.

On ne peut pas se borner à faire l'épreuve d'un échantillon pris au hasard dans une carrière ; on doit en essayer plusieurs, et lorsque les bancs de pierre ne sont pas en vue, il faut faire des puits dans la masse afin de rechercher les couches qui peuvent fournir la pierre calcaire, dont le produit serait le meilleur et le plus économique. Car on ne doit pas perdre de vue que le but de toute recherche, dans chaque localité, doit être de créer, avec le moins de dépense possible, les meilleurs élémens de composition des mortiers. En général, les pierres à chaux s'extraient de la carrière avec des marteaux, des coins, des leviers, et même à la mine, selon la nature de la pierre qui peut être disposée par bancs ou réunie en masse.

DE LA CALCINATION DES PIERRES CALCAIRES.

108. Quel que soit l'élément calcaire dont on veuille retirer de la chaux, il faut le soumettre à l'action du feu pour en chasser l'acide carbonique

et l'eau. L'on obtient pour résidu de la chaux pure, ou de la chaux mêlée à des bases, soit ordinaires, soit hydrauliques.

Dans cette opération la pierre calcaire perd depuis un tiers jusqu'à la moitié de son poids, et de un à deux dixièmes de son volume.

L'acide carbonique et l'eau s'échappent d'abord de la surface des pierres, et ce n'est que par un feu continu de quinze à trente degrés-wedgwood que l'on parvient à en purger le centre : on conçoit donc que la calcination sera d'autant plus facile que les élémens calcaires auront moins de volume.

Dans les mêmes carrières on trouve souvent des pierres calcaires qui, pour être réduites en chaux, demandent, à grosseur égale, des degrés de cuisson différens ; il faut alors en faire un triage, afin de cuire séparément et d'exposer le plus au feu celles qui en exigent davantage.

Les pierres nouvellement tirées de la carrière se calcinent avec facilité ; il paraît que l'eau est nécessaire à l'évacuation de l'acide : en conséquence, on devra mouiller les pierres, qui auraient eu le temps de se dessécher.

La pierre calcaire étant fortement chauffée, on peut, en faisant passer dessus de la vapeur d'eau, en hâter la calcination, le dégagement du gaz.

Le temps nécessaire pour calciner l'élément calcaire, et la manière d'opérer, dépendent de sa gros-

seur, de sa nature et de celle du combustible à disposition.

Jusqu'à présent rien à cet égard n'est encore parfaitement défini, et tout ce que j'ai pu recueillir de mes voyages dans les diverses parties de l'Europe, est la plus entière conviction que ce que l'on sait sur la calcination des pierres calcaires, se réduit à quelques préceptes généraux qu'il suffit de connaître, sans se jeter dans le dédale des sortes de combustibles et des espèces de four à chaux différens, qui sont tellement variables avec les localités, qu'il est impossible d'en tirer aucune bonne induction.

Le problème de la calcination des pierres calcaires, bien précisé, bien simple et bien économique, est encore tout entier à résoudre. Il faut, pour en communiquer la solution, avoir un moyen simple de mesurer le degré d'intensité du feu; connaître le meilleur moyen d'employer les combustibles, et surtout avoir une bonne théorie de la chaleur pour la composition des fourneaux; le Traité de la Chaleur que vient de publier M. Péclet sera d'une grande utilité aux spéculateurs qui auront à cœur de s'occuper de cette question.

On peut réduire à trois les différentes méthodes qu'on a employées jusqu'à présent pour réduire par le feu les pierres calcaires en chaux vive. Ainsi nous établirons qu'en général on calcine les pierres à chaux,

1° En les stratifiant en masse dans des fours de formes diverses construits sur le terrain, ou partie dehors, partie dans le sol; souvent même en les enveloppant de terre, et toujours de manière à laisser un ou plusieurs foyers au centre, pour y brûler le combustible;

2° En les arrangeant en débris de la moindre grosseur possible, par couches alternatives, avec le combustible, dans des fours de position et de formes également variées; les charges de ces fours étant ou périodiques ou continues;

3° En exposant les élémens calcaires dans des fours à réverbères, ou sur des plaques de tôle chauffées au rouge.

Lorsque l'on a des pierres très-dures, en grosse masse, et des combustibles qui produisent beaucoup de lumière, on se sert des premiers fours dits à grandes flammes.

Lorsque la pierre peut être facilement réduite en morceaux, de la grosseur du poing et au-dessous, et que l'on a du combustible qui donne peu de flamme, on se sert des seconds fours, nommés périodiques ou continus.

Lorsque la pierre calcaire se trouve à l'état de sable, et peut, comme les craies, facilement se réduire en poudre, on préfère les troisièmes fours, quel que soit le combustible à disposition. On les nommera fours à torréfaction.

Pour éloigner toutes les causes d'incertitude, qui sont, dans tous les livres, le désespoir des praticiens, nous ne décrirons que les fours que nous considérons comme les meilleurs ; chacun pourra les modifier à son gré, selon les habitudes locales, en s'appuyant d'ailleurs sur les principes généraux dont nous les ferons suivre, et qui doivent constamment présider à leur construction.

DES FOURS PÉRIODIQUES A GRANDE FLAMME

POUR LA CALCINATION DE LA PIERRE A CHAUX.

109. Les fours à chaux doivent être établis le plus près possible des lieux d'où l'on tire les pierres calcaires et le combustible : les frais de transport étant un des élémens qu'il importe le plus d'épargner, et que de mauvaises dispositions peuvent doubler. Si le combustible est abondant, les fours à chaux les plus simples, les plus grossièrement établis peuvent, avec toutes les formes et les dispositions possibles, atteindre le but proposé ; et si l'on a fait des recherches sur la forme et la disposition des fours, ce n'est pas qu'on ne puisse faire de la chaux avec du travail et du feu, mais c'est pour arriver à en produire les plus grandes quantités possibles, en économisant à la fois la peine, le temps et le combustible.

Les fours à chaux à grande flamme sont alimentés avec du bois, des bruyères, des roseaux, etc.;

l'effet qui tend à dilater toute la masse pousse les maçonneries au vide et finit bientôt par les détruire; ce qui oblige à enterrer ces fours le plus possible dans la terre, soit en profitant du voisinage d'une butte ou d'un coteau, soit en excavant le sol, et en rapportant des terres autour de la construction, de manière à ne laisser sans appui que la communication indispensable, pour arriver à la bouche du four.

Si l'on ne peut s'établir ainsi, il faut alors donner de grandes épaisseurs aux murailles, les soutenir par des contre-forts, ou les lier par des armatures en bois ou en fer.

En supposant l'excavation possible, nous allons indiquer la construction du four. Fig. 1.

La forme adoptée pour les fours à chaux est celle d'un œuf un peu allongé ; pour les construire bien régulièrement on fait un profil en planches, exactement de la moitié de l'ovale, on place son axe verticalement au centre du four, de telle sorte qu'en faisant tourner ce profil, il puisse servir constamment de guide, pour la manière de placer la maçonnerie du pourtour.

L'on voit à l'examen de la figure, que la position des pierres varie, et que l'inclinaison des plans de joint, suit la courbure de la voûte.

La grandeur de ce four peut varier selon les besoins, il y a moins d'inconvénient à le faire petit

qu'à lui donner de grandes dimensions; mais dans tous les cas, le foyer doit avoir la moitié de la plus grande largeur, et le haut du four les cinq douzièmes: la hauteur totale peut varier de une fois et demi à deux fois la largeur.

Les dimensions qui sont indiquées sur la figure sont celles généralement préférées sous le rapport de l'économie du combustible et de la main-d'œuvre.

La maçonnerie s'exécute par assises horizontales, et l'on jette par derrière de la terre, que l'on dame avec soin, ensuite on s'élève d'assise en assise, avec les mêmes précautions. Lorsqu'on veut éviter de la déperdition de chaleur, on enveloppe le four d'une chemise de charbon pilé ou de cendre.

On emploie quelquefois la pierre à chaux même pour construire le four, mais il se détruit promptement; il est plus économique, quand on a le choix, de faire un peu plus de dépense première pour le construire en pierres dures, inattaquables par le feu, telles que les grès, les silex, les granites, autrement il vaut encore mieux le construire en briques.

On n'emploie point de mortiers pour maçonner la partie de ces fours en contact avec le feu; on se sert toujours de terre argileuse délayée avec de l'eau.

Il faut abriter le haut et la porte du four contre l'effet des coups de vent ; pour cela on place la porte du côté opposé au vent régnant le plus à redouter, on la ferme par une porte de tôle qui puisse s'ouvrir plus ou moins à volonté, et l'on abrite le haut en le couvrant d'une toiture ouverte latéralement, mais dont on peut fermer chaque côté en particulier, selon le besoin ; ou bien encore dans les beaux climats, on se contente d'envelopper le haut, par une cloison verticale en charpente, ce qui suffit pour affaiblir l'effet des coups de vent, qui pourraient porter la flamme sur l'un des côtés du fourneau, empêcher l'égalité de la cuisson, et causer la perte d'une partie de la fournée.

Le haut du four étant ainsi à ciel ouvert, on couvre le dessus avec des pierres plates, que l'on réunit entre elles, avec du mortier de terre argileuse mêlée de foin ; on conserve des ouvertures suffisantes pour laisser échapper la fumée du four, et donner à volonté plus ou moins d'activité au feu.

MANIÈRE DE CHARGER LE FOUR.

110. On commence par former la voûte b avec les plus fortes pierres à chaux ; on les place par assises horizontales en remplissant les reins avec des pierres moins fortes, mais en laissant des jours entre elles pour que la chaleur puisse circuler et

se répandre dans toute l'étendue du four; la voûte achevée, on place les fortes pierres à chaux près du foyer, les moyennes plus loin, et les éclats par dessus et contre les parois du four; c'est un des meilleurs moyens de conserver le four et d'avoir une fournée sans pierres incuites ou surcalcinées.

Lorsque le feu se porte à l'arrière du four, on doit aussi y placer de grosses pierres de préférence, et chercher en général à obtenir une cuisson homogène, ce que l'on peut toujours produire avec de la sagacité après quelques fournées d'expérience.

Lorsque les ouvriers sont exercés on peut exécuter la voûte b, sans aucune espèce d'appui, autrement on la soutient avec des étais ou quelques parties de cintre en charpente.

Si le four est un peu grand, comme il y aurait de la force perdue à élever la pierre jusqu'au sommet pour la poser sur la petite voûte b, on pratique dans l'épaisseur de la muraille une petite porte p, qui est fort commode pour apporter la pierre, et pour enlever la chaux lorsqu'elle est cuite.

Cette porte se maçonne avec de la terre et des pierres, au moment de la cuisson.

Pour charger un four de la grandeur indiquée (fig. 1), qui contient mille à douze cents pieds cubes de pierre à chaux, il faut sept hommes employés pendant deux jours.

Si l'on avait quatre fours en activité, on pourrait, avec dix journaliers et un conducteur, les matériaux étant à pied-d'œuvre, charger, cuire et décharger un four tous les deux jours.

111. Quand on doit brûler du bois qui donne un feu très-clair et très-ardent, l'air qui entre par la bouche ou par la porte du four, suffit pour l'activer; mais si l'on ne peut disposer que de gros bois qui donne beaucoup de braise et demande un grand courant d'air pour se consumer facilement, il faut ajouter, au four que nous venons d'indiquer, plusieurs soupiraux s s, qui soient pratiqués dans une voûte v, appareillée, et servant de fond ou de cendrier au four; cette voûte v, est l'extrémité d'un petit canal souterrain qui amène l'air du dehors; par cette addition, on a un courant d'air continu qui souffle du bas en haut, produit dans le four toute la flamme possible, et donne surtout une grande égalité de cuisson à la fournée.

Lorsque par des causes quelconques le feu ne chauffe pas également toutes les parties du four, on place dans les fournées qui suivent des bûches debout f f, au milieu de la masse des pierres; elles laissent en se consumant des cheminées qui servent de tuyaux d'appels, et qui distribuent plus également la chaleur.

L'on emploie particulièrement ce moyen de distribution pour les fours de formes cylindriques à

base circulaire ou elliptique, et les fours prismatiques ayant pour base un carré ou un rectangle, ou bien encore pour les fours en cône renversé.

Toutes ces variétés de fours, qu'on peut admettre à volonté et que l'on préfère dans chaque localité, soit par des habitudes prises, soit parce qu'ils sont d'une facile exécution, ayant leur sommet ou gueulard plus évasé que celui que nous venons de décrire, demandent plus de soin et d'attention pour faire arriver les pierres à chaux du sommet, à l'égalité de cuisson.

Comment on conduit le feu pour la calcination de la chaux.

112. Quelle que soit la grandeur du four à chaux, il faut toujours commencer le chauffage à très-petit feu, principalement pour les fours neufs.

La nature de la pierre qui souvent éclate lorsque le feu la saisit, la nature du bois peut faire varier la durée du chauffage à petit feu, de douze à quarante-huit heures.

Dans le premier instant du feu la pierre se mouille, l'eau qui en sort couvre sa surface, ce n'est que huit à douze heures après un feu léger et continu qu'elle est complètement séchée, alors la fumée s'attache après la pierre, qui devient noire; on doit augmenter un peu l'intensité du feu et le conserver au même degré, jusqu'au moment où la fumée est entièrement consumée, ce dont on s'aperçoit parce

que la pierre reprend sa couleur; dès-lors on peut, sans inconvénient, augmenter par degré l'intensité du feu, et le porter au plus haut point.

On gradue l'intensité du feu à peu près comme les nombres 1, 2, 3, 6; si bien qu'après trente-six heures il a toute la force possible. On emploie le second jour six fois plus de combustible que le premier; mais la fournée étant au ronge blanc, si le nombre 6, qui exprime la plus grande intensité de feu, représente aussi le combustible qui l'a produit, en brûlant pendant les dernières heures, on n'aura besoin, pour entretenir la même intensité pendant le dernier quart du temps de la cuite, que d'employer des quantités de combustibles qui seraient entre eux comme 6, 4, 2.

113. L'on reconnaît que la chaux est cuite lorsque le haut du four ne donne plus de fumée, lorsque la fournée de chaux s'est affaissée d'environ un sixième de sa hauteur totale, et que l'intérieur de la masse de pierre est d'un beau rouge vif et rose blanchâtre. Tous les degrés de feu que nous venons d'indiquer, se reconnaissent encore par la couleur de la flamme qui s'échappe à la partie supérieure du four. En général elle paraît d'abord noire, brune, ensuite rouge, après violette, enfin bleue, et elle finit par être jaune et blanche, c'est-à-dire à peine visible.

La chaux, pour être bien cuite, doit fuser

promptement et complètement dans l'eau ; si on en jette une pincée dans les acides (art. 107), elle ne doit plus donner de gaz. Lorsqu'on outre-passe le terme ordinaire de la calcination, elle devient paresseuse et reste plusieurs heures, et souvent plusieurs jours, dans l'eau sans s'éteindre. Quand elle n'est pas assez cuite, les parties extérieures fusent, mais il reste un noyau de pierre calcaire ; enfin, si elle est saisie par le feu en commençant la cuite, la surface de la pierre passant à l'état de chaux serait infusible si elle était chaux pure ; mais comme elle est souvent mêlée de base, elle peut se vitrifier et former d'abord une enveloppe impénétrable au gaz de l'intérieur de la pierre, qui dès lors peut supporter une très-haute température sans cesser d'être pierre calcaire. On ne peut éviter les pertes qui résultent de ces trois accidens, que par l'expérience qui apprend à charger le four, et à bien conduire le feu, en le mettant à l'abri des coups de vent.

Il faut, pour y parvenir, être excessivement attentif : si le vent a quelque force, on doit observer sa direction et celle de la flamme du four, on doit en abriter le sommet, de manière que le feu sorte avec égalité de toute la surface du gueulard. D'autre part, la porte du four doit être ouverte de façon qu'il ne puisse entrer dans le foyer une trop grande masse d'air, qui aurait le double inconvénient de

refroidir l'intensité du feu, et de le porter au fond du four en surcuisant toutes les pierres de l'arrière sans calciner celles de l'avant.

Lorsqu'on n'a pas de porte en fer au four à chaux, on en bouche l'entrée par des pierres, des bûches, ou des fagots; l'on reconnaît que l'air est en effet trop affluent lorsque dans le fort du coup de feu les pierres de la voûte, qui sont alors rouges et blanches, redeviennent ternes, et que la fumée s'y attache, ainsi qu'on peut le remarquer au commencement. Il faut alors redoubler de soin et d'activité pour réactiver le feu par du combustible sec et léger, en évitant l'introduction surabondante de l'air, autrement on ne pourrait éviter un retard dans la cuisson, une dépense inutile de combustible, et souvent même la perte d'une grande partie de la chaux.

DU COMBUSTIBLE A PRÉFÉRER.

114. Les meilleurs bois dont on puisse faire usage sont les bois blancs et qui jettent le plus de flamme, le tremble, le tilleul, le saule, le sapin, ou les végétaux bien secs, tels que des bruyères, des roseaux, etc.

115. Lorsqu'on a des bois verts de grosse dimension, des bois flottés, ou provenant de démolitions et qui auraient été exposés dans l'eau ou à la pluie, on en brûle beaucoup.

Si l'on ne peut les échanger, et que l'on ait des bras à sa disposition, il faut pour en tirer parti faire fendre les grosses pièces en morceaux de la grosseur des branches de fagots.

L'on obtiendra avec ces débris un feu assez clair, si l'on peut les faire sécher dans le voisinage du four avant de les employer.

Si l'on chauffe le four avec du bois de taillis, qui donne un feu vif et éclatant, il en faut environ quinze cents pieds cubes et six cents fascines.

La fascine est un assemblage d'abattis d'arbres et de branchages, formant un cylindre de huit pouces de diamètre sur cinq pieds de long.

116. On peut cuire la fournée en cinquante heures, on commence par huit heures de petit feu, fait avec les fascines, on augmente sa force pendant dix-huit à trente-six heures, et le reste du temps l'on chauffe à grand feu, et en dégradant (art. 112), c'est-à-dire qu'on emploie quarante pieds cubes de bois les premières demi-heures, on peut recueillir cent quarante à cent cinquante pieds cubes de charbon. Lorsque la cuite est achevée, on recueille le charbon et on laisse la porte et le sommet du four ouvert pour accélérer le refroidissement.

Lorsqu'on a des bois de diverse nature, un bon moyen d'emploi est de commencer le feu avec du bois blanc, par exemple; en continuant avec du

chêne, afin d'arriver au grand coup de feu avec des bois résineux.

117. Un four met deux jours à se refroidir; il en faut deux pour le charger; on peut en mettre un ou deux pour le décharger : ainsi tous les huit jours on peut faire une fournée; c'est de toutes les manières de cuire la chaux à grande flamme la plus expéditive. Après avoir dégagé la partie supérieure du four, autant que possible par le haut, on peut tirer la chaux par la petite ouverture en p, autrement on brise la voûte du foyer et l'on décharge le four par la porte du bas.

Si l'on emploie du bois de chêne pour alimenter le feu, il en faut un sixième de plus que du bois blanc, et si l'on n'a pas de fascines, la cuisson est très-retardée et peut durer de quatre à cinq jours.

Lorsque l'on chauffe avec du vieux bois en grosses pièces, et parfois mouillé, la cuisson dure sept à huit jours, et l'on brûle un peu plus du double de bois que dans le cas précédent.

118. La température de l'atmosphère, son état hygrométrique, la force du vent, la nature de la pierre, celle du combustible, etc., etc., influent sur la durée de l'opération, au point que nous sommes obligés de renoncer à vouloir fixer des limites qui ne peuvent être données que par l'expérience.

DÉTAIL ESTIMATIF D'UNE FOURNÉE DE CHAUX

CUITE A GRANDE FLAMME.

119. Si nous voulons savoir à combien revient le pied cube de chaux, en supposant des prix qui varieront avec les pays, mais qu'il sera facile de changer pour rendre ces détails applicables, nous aurons :

1200 pieds cubes de pierre à 5 centimes le pied cube.	60 fr.
1500 pieds cubes de bois de sapin à 20 centimes chacun.	300
Main-d'œuvre; le temps de la cuisson comptant double, 50 journées à 2 fr.	100
Entretien du four, faux frais et outils.	40
Total de la dépense [1].	500

Et comme les douze cents pieds cubes de pierre ne fournissent que mille pieds cubes de chaux vive; attendu que pendant la cuisson il y a eu des pertes, des tassemens, quelques déchets, et par suite diminution de volume, le pied cube reviendra à 0,50 centimes.

DES FOURS

PÉRIODIQUES, CONTIGUS, ET A GRANDE FLAMME.

120. Dans le cas où l'on aurait de grands travaux à faire, et qui exigeraient la construction de

1. Ces détails et ceux qui vont suivre, ne sont donnés que pour établir des rapports qui puissent faire estimer comparativement les dépenses.

plusieurs fours à chaux, peut-être devrait-on donner la préférence aux fours, figure III et 3.

Ils se composent d'un grand mur longitudinal et de deux petits murs latéraux de peu d'épaisseur, appuyés contre des terres, le tout fermé par un long mur de face f g, très-épais et maintenu par des contre-forts *c*, ce mur est percé de petites portes ou bouches de four p.

Chaque partie comprise entre deux contre-forts consécutifs c, forme un four à deux bouches qui pourrait être construit séparément. Fig. 3.

Pour charger ces fours, on bâtirait avec de la pierre à chaux et de la terre argileuse un petit mur de refend ab, pour séparer le premier four de celui qui lui est contigu, soutenir les pierres à chaux et empêcher la flamme de s'échapper; on ferait de même pour les suivans, lorsqu'on voudrait les charger. La fig. III indique la manière dont les pierres à chaux sont arrangées dans chaque four, ou plutôt dans chaque case particulière.

121. J'ai vu des fours analogues à ceux-ci en Hollande, en Allemagne, en Suède, en Russie, et dans quelques parties de la France, mais simples et jamais en nombre, voici les avantages qu'ils présentent.

1° Une grande simplicité dans la construction, par suite économie dans les frais de premier établissement.

2° Plus de facilité pour charger que dans un four à base circulaire, dans lequel les pierres s'arrangent plus difficilement.

3° La contiguité des fours laisse moins de chances de déperdition de chaleur ; en supposant qu'il faille six à sept jours pour charger, cuire et décharger une fournée, on pourrait avec six fours mettre le feu tous les jours à l'un d'eux, et la chaleur de celui qui recevrait le plus grand feu se communiquerait par les cloisons a b, aux fours voisins.

4° On aurait beaucoup moins de réparations à faire, puisqu'on aurait moins de développement de mur en contact avec la pierre à chaux ; les petits murs de refend occupant près de la moitié des murs enveloppans : il est clair qu'à chaque fournée ces murs seront en partie réduits en chaux.

Toutes les fois que l'on fait un grand feu, l'on peut en graduer l'intensité en décroissant, depuis le foyer où le feu est le plus fort, jusqu'au point où, en s'élevant au-dessus, on pourrait avec la main en supporter la chaleur : cela posé, ce foyer ne sera bien employé qu'autant que tous ces différens degrés de chaleur seront utilisés, et si la chaux ne peut se calciner que de vingt à trente degrés Wedgwood, il ne faut pas, comme on le fait ordinairement, laisser perdre les vingt premiers degrés, il faut les utiliser, en plaçant sur les pierres d'autres substances qui ne deman-

dent pour cuire que quinze à vingt degrés de chaleur; sur celles-ci d'autres encore, qui n'ont besoin que de dix à quinze degrés et au-dessous, alors toute la chaleur dégagée sera employée productivement.

C'est ainsi que dans une grande entreprise où l'on aurait besoin de plusieurs espèces de matériaux, on devrait économiser le combustible, et en supposant quinze pieds de hauteur au four à chaux, ne le charger avec des pierres que sur une hauteur de huit à dix pieds (figure 3), poser ensuite au-dessus trois à quatre pieds de briques ordinaires, sur ces dernières des pains de chaux hydrauliques factices, sur ces pains (art. 156) des plaques de tôle destinées à cuire des terres argileuses (art. 46) dont on voudrait faire des pouzzolanes, alors la partie de chaleur perdue serait bien moins sensible; la pierre à chaux demande pour cuire plus de feu que les briques communes; ces dernières plus que les chaux hydrauliques factices, et les terres (art. 41) beaucoup moins que toutes ces substances.

Il est bien des combinaisons de fours contigus à grande flamme, qui pourraient être favorables à une exploitation en grand; on aura trouvé les meilleurs, lorsque ces fours offriront dans leur ensemble toutes les économies possibles de la chaleur, c'est-à-dire, non-seulement son bon emploi, soit sur les parties latérales des fours, soit en montant, mais

encore lorsqu'ils faciliteront la combustion en faisant dégager au bois son maximum de chaleur, et qu'ils emploieront une portion du calorique de la chaux incandescente que l'on doit laisser refroidir.

L'on pourrait, par exemple, au lieu de placer les fours contigus sur une même ligne, en réunir quatre dans un carré, ou six dans une enceinte murée rectangulaire; toutes les divisions intérieures seraient en pierre à chaux et terre grasse, ainsi qu'il a été dit, et lorsqu'une ou plusieurs des fournées partielles seraient calcinées, l'on pourrait, avec de la terre glaise malaxée, fermer hermétiquement le dessus du petit four, comme si l'on voulait étouffer la chaux incandescente qu'il contient, et permettre par la porte du foyer l'introduction de l'air qui se précipiterait, après avoir traversé la chaux brûlante, dans les fours contigus par des communications qu'on pourrait réserver dans les épaisseurs des séparations mitoyennes.

Dans le premier instant on obtiendrait une grande chaleur qui pourrait remplacer le commencement de la chauffe, et plus tard on aurait un air chaud qui devrait nécessairement accélérer la combustion.

DES FOURS A GRILLES.

122. Les fours à grandes flammes, dans lesquels on brûle de la tourbe, diffèrent des précédens, non par le sommet du four, mais par le foyer,

qui se compose d'une grille pour recevoir la tourbe, et d'un cendrier qui fournit de l'air à la combustion et reçoit les résidus terreux.

Cette espèce de fourneau peut servir pour tous les combustibles qui donnent difficilement de la flamme ou fournissent beaucoup de cendres, tels que la tourbe, la houille, et tous les végétaux imprégnés d'eau; quant aux combustibles qui donnent un feu brillant, on croit que l'air, qui pénètre par la bouche des fours sans grilles, suffit pour les brûler vivement et réduire les charbons en cendres; que ces charbons pouvant s'échapper par les jours des grilles, développeraient dans le four moins de calorique. Je ne partage pas cette opinion; on ne fait généralement pas de grille aux fours à chaux qui sont faits dans les forêts, dans les champs, parce que leur construction est très-grossière; qu'un trou fait dans la terre, une muraille élevée sur le sol, en est souvent tout l'appareil; mais dans les lieux où l'on trouve peu de combustibles et beaucoup d'industrie, on doit préférer les fours à grille ou à jour en dessous comme celui décrit article 110, les courans d'air verticaux qu'il établit, étant plus propres à activer le feu, et à répandre également la chaleur sur toute la fournée.

On peut d'ailleurs, avec des barres de fer posées de champ, donner à la grilletoute espèce de jours,

et bien régler le feu par le moyen de la porte du cendrier.

La conduite du feu, l'effet qu'il produit sur les pierres, et les indices certains de l'instant de la cuisson complète de la fournée sont d'ailleurs les mêmes que ceux décrits (art. 112 et 113).

L'on voit, fig 5, un petit four à grille très-économique, pour brûler des branchages ou de la tourbe.

C'est un four à base carrée : les pierres étant brisées, on les place alternativement avec le bois ou la tourbe par lits horizontaux; on met entre chaque lit de pierres deux couches de branchages croisés l'un sur l'autre; les proportions ainsi que pour le charbon de terre ne peuvent se reconnaître qu'à l'usage.

Ce four peut donner soixante à soixante-dix pieds cubes de chaux tous les jours; il suffit d'un homme et d'un enfant pour en faire le service.

DES FOURS A GRANDE FLAMME,

A CALCINATION CONTINUE. FIG. 6, 7, et 8.

123. Le meilleur fourneau que nous connaissions dans ce genre est le fourneau à flamme renversée de M. de Rumfort.

Ce fourneau est composé d'une cheminée de forme cylindrique assez élevée, que l'on remplit

de pierre à chaux par le haut, à mesure qu'on la retire par la partie inférieure. Fig. 6 et 7.

Le foyer est placé latéralement, le combustible brûle à flamme renversée, c'est-à-dire sous la condition la plus propre à la production de la chaleur; la flamme se relève sous la grille et traverse la masse de pierre calcaire qui remplit la cheminée du four.

D'où l'on voit que si le cylindre a quelque longueur, toute la chaleur sera employée à chauffer lentement d'abord, puis à réduire en chaux la pierre calcaire d'une manière non interrompue, et sans jamais laisser refroidir le fourneau.

Des fours établis sur ces principes ont pour avantage,

1° De permettre à la fumée, que dégage le combustible, de se mêler à l'oxygène de l'air avant que d'être précipitée sur le feu; qui la consume à mesure qu'elle traverse la grille, pour passer sous le foyer et déboucher dans la cheminée.

2° De porter ainsi, au milieu de la pierre calcaire, la plus grande chaleur possible à tous les degrés, en évitant qu'il s'en perde beaucoup dans l'atmosphère.

3° De rendre ces fours perpétuels, en profitant de la perte de la chaleur qu'occasione communément le refroidissement du fourneau.

4° De profiter du refroidissement de la pierre calcinée pour échauffer les nouvelles charges.

5° D'éviter le contact du combustible et de la pierre, contact qui, d'après les expériences article 46, peut en altérer les qualités.

DES FOURS A CHAUX A PETIT FEU,

ET CALCINATION CONTINUE. FIG. 4.

124. Ces fours, dans lesquels la pierre calcaire est placée par couche alternative, en contact immédiat avec le combustible, sont beaucoup plus économiques que les fours à grande flamme, sous le rapport de leur construction et de la dépense du combustible; la chaleur développée par le charbon de bois ou de terre, par la tourbe ou les branchages, avec lesquels on peut les alimenter, est entièrement dévorée par la pierre à chaux. Le feu y est continuellement, on n'est point obligé de l'éteindre et de le rallumer sans cesse comme dans les fours simples à grande flamme, et de perdre ainsi la chaleur qu'il faut dépenser de nouveau pour échauffer les corps environnans.

On peut voir la construction de ces fours, fig. IV et 4; ils ont la forme d'un entonnoir ouvert par le haut, ayant des grilles et un cendrier par le bas. On peut d'ailleurs leur donner la forme d'un cylindre ou d'une tour à base carrée, surtout si l'on emploie de la tourbe ou du bois.

On commence par placer sur la grille du four de la paille et du menu bois, ensuite on jette par-dessus une couche de charbon de terre, de 0,30 à 0,40 centimètres d'épaisseur.

On pose sur le tout une couche de pierres à chaux, brisées en morceaux de deux à trois pouces de diamètre, ensuite une couche de charbon, dont on diminue l'épaisseur en s'élevant, ensuite une couche de pierres, etc., etc., etc.

Lorsqu'on est à la quatrième ou cinquième couche, on allume le feu par le bas; le bois le fait communiquer aux couches de charbon supérieures, dès que l'on peut s'en apercevoir au-dessus, on ajoute de nouvelles couches alternatives de pierre et de charbon, jusqu'à ce qu'on soit arrivé au sommet du four.

Cependant, comme il faut deux ou trois jours pour que le fourneau soit bien échauffé, et qu'on ne doit charger qu'à mesure que le feu s'élève; pour éviter la décharge complète du four, si le feu ne suivait pas, il faut avoir la précaution de retirer les premières pierres avant même que le four ne soit rempli, sitôt qu'elles sont froides par le bas; afin de donner passage à l'air et d'avoir plus de masse en combustion.

Les premières pierres tirées du four à chaux ne sont ordinairement pas calcinées, malgré la grande épaisseur de combustible dont on les fait précéder,

mais les suivantes doivent être à l'état de chaux, autrement il faudrait ajouter plus de combustible. En débutant, il faut toujours l'employer avec excès, et le diminuant peu à peu jusqu'à ce qu'on ait des incuits, on finit toujours, sans perte de chaux, par connaître exactement la quantité de combustibles qu'on doit employer.

Le feu se dirige en ouvrant plus ou moins le cendrier; l'on a de plus une longue tige en fer nommée lance, que l'on enfonce à coups redoublés dans le haut du four, afin d'établir des espèces de cheminées, qui donnent issue à l'air et servent de tuyaux d'appel pour accélérer la combustion, ou la porter dans les parties de la fournée qui pourraient en avoir besoin.

A mesure que le charbon se consume, le feu des tranches inférieures s'éteint, et l'on retire la chaux froide par le dessous du four, en enlevant quelques barres volantes de la grille du cendrier : il suffit de s'arrêter dès que la pierre calcinée n'est plus froide ou qu'on aperçoit des parties enflammées. On répète cette opération tout les vingt-quatre heures pour les grands fours, et tout les douze heures pour les petits.

Après avoir retiré les barreaux du cendrier, on laisse la pierre calcinée descendre d'elle-même pendant quelques jours ; mais il arrive un moment où la cendre et la chaux en poudre finissent par

engorger le cendrier; alors on est obligé de réformer le grillage en enfonçant les barreaux à coups de masse dans leur position primitive. Dès lors qu'ils supportent le poids de la charge, on nettoie le cendrier, en laissant les grilles jusqu'au moment où le feu a repris son activité première.

La chaux enlevée par-dessous fait descendre toute la partie supérieure d'une manière inégale; c'est-à-dire que les pierres à chaux qui sont contre les parois du four descendent moins vite que les pierres placées au centre, de telle sorte qu'il se forme en dessus une espèce d'entonnoir assez prononcé.

On remplit cet entonnoir en rejetant au centre les pierres de la circonférence, ou par des couches successives de charbon et de pierre, en faisant toujours bomber le milieu, en y plaçant de préférence les plus gros débris de pierres à chaux, et en y jetant plus de houille pour remplacer celle qui tend toujours à descendre lorsque les pierres sont en mouvement.

En général, les couches de pierres placées dans ces fours à chaux varient d'épaisseur de 0,20 à 0,40 centimètres, et les couches de charbon, lorsque le four est bien réglé, varient, selon sa nature, du sixième au tiers des couches de pierres à chaux.

Une partie du charbon se logeant dans les interstices laissés par les pierres, le rapport de l'é-

paisseur des couches employées communément est une mauvaise manière de régler la dépense; il vaut mieux estimer le volume du charbon et celui de la pierre, par le nombre respectif des paniers qui servent à les apporter sur le four.

Lorsqu'on emploie de la tourbe, son volume est le double de celui de la pierre.

On emploie le bois et le charbon de bois à parties égales.

Il est bien entendu que c'est à l'expérience locale, à donner les véritables proportions de pierres et de combustibles qui doivent être préférées; la forme des fours, la manière dont ils sont conduits, aérés, la nature de la pierre et celle du combustible, étant autant d'élémens qui peuvent les faire varier.

On peut laisser le four plusieurs jours de suite sans y travailler, il suffit de le couvrir soigneusement avec de très-petits éclats de pierre et de la cendre ou de la terre battue parfois mouillée, pour qu'il se conserve allumé dix à quinze jours.

Les pierres à chaux qui ne sont pas cuites du premier coup peuvent se remettre au four et donner de la chaux.

Les cendres que l'on retire des fourneaux se vendaient fort cher, mais la découverte des chaux hydrauliques, les rendant moins nécessaires, leur fera perdre de leur valeur.

Lorsque ces fours sont de petite dimension, il

suffit d'une seule ouverture fermée par une grille à barreaux volans : quand ils sont de grandes dimensions, on pratique plusieurs ouvertures au pourtour, fig. 4, par lesquelles on retire successivement la chaux, pour faire descendre la masse plus également.

Ces ouvertures doivent être fermées par des portes de tôle 4, qu'on ouvre à volonté pour porter le feu dans les diverses parties du four, selon la direction du vent.

125. Le four, fig. 4, peut contenir environ cinq cents pieds cubes de pierre à chaux, et donner par jour un tiers et plus de ce qu'il contient, cela dépend de la qualité de la pierre et de celle de la houille. Trois hommes sont plus que suffisans pour opérer le service de ce four à chaux.

En évaluant le prix du pied cube, d'après les mêmes bases qu'à l'art. 119, on trouve pour la dépense d'un jour

216 pieds cubes de pierre à 5 centimes.	10 fr.	80 c.
Pour main-d'œuvre, trois journées d'ouvriers à 2 francs. .	6	»
Pour briser les pierres en éclats.	4	»
80 pieds cubes de charbon à 50 centimes.	40	»
Pour entretien et outils.	9	30
En tout. . . .	70	»

Et comme on aura produit par jour cent soixante à deux cents pieds cubes de chaux triée, elle reviendra à 35 ou 40 centimes le pied cube.

DES FOURS A CHAUX A PETIT FEU

ET CALCINATION PÉRIODIQUE.

126. Les fours à petit feu dans lesquels les pierres et le combustible sont mis en contact immédiat et par couches alternatives, s'emploient aussi comme fours périodiques ; c'est-à-dire qu'après avoir chargé le four complètement, on le recouvre de gazon ou de terre, en laissant des évens ; et lorsque toutes les couches de combustible sont consumées, l'on retire du four la chaux en totalité pour refaire une nouvelle charge.

Cette manière de cuire la chaux exige beaucoup de combustible, soit pour calciner la première et la dernière couche de pierre, soit pour réchauffer les parois du four refroidies après chaque cuisson. Aussi ne leur voyons-nous d'avantage que pour les lieux où le combustible serait très-abondant, et pour épargner quelques journées d'homme : car une fois le feu bien allumé, on peut en quelque sorte abandonner le four à lui-même jusqu'au moment de le décharger.

DES FOURS A TORRÉFIER.

Lorsque les élémens calcaires sont à l'état de sable, ou peuvent se réduire facilement en poudre, ou bien encore, lorsque l'on veut changer des terres en pouzzolanes factices, on les torré-

fie dans des fours particuliers, dont les fours à réverbère sont le type.

FOUR A REVERBÈRE POUR TORRÉFIER. FIG. 9 et 10.

127. Le four à réverbère se compose, fig. 9, d'un laboratoire composé d'une sole ou place horizontale *dc*, recouverte d'une voûte très-plate, sur laquelle on jette, sur une épaisseur de quelques pouces, les élémens à calciner; d'un foyer *f*, dont la grille est d'autant plus au-dessous de la sole du laboratoire que le combustible donne plus de flamme; d'un cendrier et d'un conduit à air *B* placés le plus possible au-dessous de la grille; plus le conduit à air est long, plus le four a de tirage; et d'une cheminée *ab* donnant au-dessus du laboratoire du côté opposé à celui où est situé le foyer, afin que la flamme puisse passer sur toutes les matières étendues sur la sole *cd;* cette cheminée au sommet de laquelle on peut placer une trémie *tr*, en faisant occuper le centre par un tuyau de poêle *gh*, peut contenir en réserve les poudres à torréfier, afin qu'elles puissent recevoir par la chaleur qui s'échappe un premier degré de cuisson. Cette cheminée peut être en fonte ou en tôle enveloppée de briques reliées par quelques armatures en fer (Voy. fig. 15).

On commence le service du four, lorsque le feu est allumé, par verser les matières à torréfier dans la trémie; on les fait tomber dans le laboratoire

en tirant les barreaux *o o*, que l'on repousse au besoin; à fur et au mesure on étend avec un râteau les matières sur la sole, en ouvrant la porte à brasser *f*. De temps à autre on les retourne pour qu'elles aient le même degré de cuisson en les agitant d'un bout à l'autre du laboratoire. Après le temps de feu qu'indiquera l'expérience, on retirera avec un râteau, par la porte *f*, les matières hors du fourneau pour les remplacer par une nouvelle charge.

FOUR A TUYAU POUR TORRÉFIER. FIG. 11.

128. Le four à tuyau est composé d'un foyer avec sa grille *i* (fig. 11), et d'un cendrier fermé par une porte *k*, qui en fait un fourneau à air; la cheminée, au lieu d'être verticale est courbée, est traversée dans toute sa longueur par un tuyau *gh*, en tôle de fer de forme parallélogrammique, ayant un pied et demi de large sur six pouces de haut. La partie inférieure est exposée à toute la force du foyer et devra rester constamment rouge; à mesure que l'on s'élèvera, les degrés de chaleur iront en décroissant, et lorsque la fumée s'échappera, elle aura perdu la plus grande partie de son calorique.

Le tuyau *gh* est terminé par une trémie *tr*, dans laquelle on verse les poudres à torréfier, ainsi ce tuyau est par le haut complètement rempli, mais il n'en est pas de même par le bas; l'incli-

naison étant telle que la poudre n'occupe en bas, que le tiers ou la moitié de sa hauteur; ainsi l'air peut s'introduire, attendu que l'ouverture en *c*, est fermée par une petite porte percée de trous qui en permet le libre accès.

Toutes les 10 à 15 minutes on ouvrira la porte *c*, l'on recevra dans le bassin *d*, la portion la plus exposée au grand feu qui sera jugée assez torréfiée. Cette portion s'écoulera d'elle-même et sera remplacée, dans la partie du tuyau qu'elle aura quittée, par les poudres immédiatement supérieures, et ces dernières, par les poudres séchées dans la trémie.

FOUR A CAISSE POUR TORRÉFIER. FIG. 12 et 13.

129. Le foyer de ce four est absolument le même que celui d'un fourneau ordinaire, une grille *i* reçoit le combustible, une petite porte *k*, qu'on ouvre à volonté, donne entrée à un courant d'air ascendant qui alimente et précipite la flamme dans l'intérieur du laboratoire; enfin l'air échauffé tendant à s'élever, passe à travers les débris de chaux que contient la cheminée *ab*, pour s'échapper par le tuyau *gh*.

Ces débris tendent sans cesse à descendre et à déborder vers le bas, mais l'ouverture est calculée de manière, qu'ils ne peuvent jamais s'étendre au-delà du talus indiqué sur le plan; alors il reste un

espace *f*, tout autour, qui permet à la chaleur de circuler et de chauffer au rouge les parties les plus voisines, tandis que les parties supérieures que la cheminée renferme s'échauffent à différens degrés, de manière à employer une grande partie du calorique fourni par le combustible.

Quand les matières du bas sont torréfiées, on tire subitement les trois caisses en fer *p*, *q*, *r*, de manière à ce que l'une des caisses de côté *p*, et qui est vide, puisse se trouver au milieu; alors la chaux de la cheminée qui était exposée au grand feu descend et remplit cette caisse *p*; elle est remplacée à l'instant par les parties supérieures, qui ont déjà éprouvé un commencement de cuisson. Des broches en fer peuvent être placées en *o*, pour régler, selon le besoin, la descente des parties supérieures.

Elles restent comme les précédentes un certain temps au grand feu; on vide pendant cette attente la caisse *p*, ou *r*, et par cette manœuvre répétée on peut cuire tous les élémens en poudre qui seront versés dans la trémie *t r*.

Le tuyau *g h*, a la propriété de descendre à volonté, afin que si le tirage du fourneau languissait, on puisse au besoin l'accélérer, en offrant à l'air un dégagement plus facile.

Les caisses *p*, *q*, *r*, seront réunies ensemble par des crochets, et seront portées sur roulettes, afin qu'en tirant l'une d'elles, les autres puissent suivre

avec facilité le mouvement, qui devra se faire par une secousse assez vive. La cheminée chargée de chaux, offrant généralement plus de débouché que le foyer, deux conduits d'air seront pratiqués dans l'épaisseur des murs en *t u*, de manière à aérer au besoin l'intérieur, sans faire passer l'oxygène sur le combustible.

FOUR A PLAQUES A TORRÉFACTION DOUBLE. FIG. 14 et 15.

130. Le foyer, les deux ventilateurs et la cheminée de ce fourneau, sont les mêmes que dans le fourneau précédent, et sont destinés aux mêmes usages, la différence est dans le corps du fourneau. Deux cadres en fer forgé, recouverts par des plaques de tôle, divisent l'intérieur du laboratoire presque horizontalement en trois parties; le feu circule dans chacune d'elles, chauffe les plaques au rouge et s'échappe par la cheminée, en échauffant la matière qui la remplit.

Cette matière, comme dans le premier fourneau, tend à s'échapper par le bas; mais l'ouverture est telle qu'il ne peut se former qu'un talus au débouché, et ce n'est qu'à mesure que l'on enlève des parties de ce talus, que les chaux déplacées peuvent être remplacées par d'autres, qui tendent toujours à descendre.

Le mouvement nécessaire pour que cet écoulement ait lieu est donné par l'ouvrier qui entretient

le feu, il appuie sur la poignée y, et par le moyen du levier $s\ t$, il élève les plaques q et r, qui tournent sur les points fixes t, u, comme charnière, puis il laisse retomber le tout brusquement sur la cheville en fer t', qui sert d'arrêt

La secousse qui en résulte fait descendre les matières qui sont sur les plaques, bientôt elles en sont toutes couvertes ; ces matières finissent enfin par s'échapper à l'extrémité, et par tomber sur les plans inclinés v, v, qui les dirigent sous le fourneau en A, d'où l'on peut les retirer de temps à autre avec des pelles ou des fourgons.

Avec cet appareil comme avec le premier on peut régler, selon le besoin, la durée de la cuisson, et multiplier plus ou moins les secousses selon le temps que les matières à torréfier devront passer sur les plaques (art. 46).

Ces fourneaux rempliront mieux que les fours à chaux ordinaires les conditions d'économie et de parfaite cuisson, pour les terres et les chaux naturelles ou factices en poudres ; ils peuvent être entretenus avec peu de combustible ; et depuis les parties voisines du foyer, jusqu'à celles qui sont encore dans la trémie, l'on trouverait tous les degrés de température, et par suite le bon et entier emploi de la chaleur ; ce qui convient d'autant mieux à la torréfaction des chaux naturelles ou factices et des terres, qu'elles demandent à ne pas

être surprises par le feu, et doivent perdre toute l'eau qu'elles pourraient contenir en excès avant que de passer au rouge ; enfin elles ne peuvent éprouver trop de cuisson ; elles seront éloignées du combustible et assez soumises à l'action de l'air pour favoriser le développement de toutes leurs qualités hydrauliques.

Ces fours sont d'ailleurs d'une construction plus économique et moins embarrassante que les fours à chaux, de telle sorte que les particuliers qui n'auraient point de carrière pourraient acheter la chaux commune, comme ils le font ordinairement, et pour les besoins indispensables opérer eux-mêmes, à l'aide de l'un de ces fourneaux, la transformation des chaux hydrauliques ou des terres en pouzzolanes factices.

CHAPITRE VII.

MACHINES ET PRÉPARATION DES ÉLÉMENS.

De la manière d'opérer les quatre procédés d'extinction.

PREMIER PROCÉDÉ.

EXTINCTION ORDINAIRE.

131. L'extinction ordinaire ne présente aucune espèce de difficulté, cependant les maçons l'exécutent très-mal, ils délawent presque toujours la chaux, ou ne l'éteignent qu'en partie, en mettant trop ou trop peu d'eau; on recommandera donc, par-dessus tout et comme la seule attention à avoir, de jeter sur la chaux la quantité d'eau précise dont elle a besoin pour se bien délayer.

Aussi, lorsqu'on ne connaîtra pas encore la nature de la chaux sur laquelle on opérera, on commencera par reconnaître la quantité d'eau dont elle a besoin pour se réduire en pâte, quel sera son foisonnement, et cela par les moyens indiqués (art. 47 et 63).

Supposons que la chaux qui nous occupe foisonne au double, et qu'elle absorbe une fois et demie son poids d'eau.

Il faudra, si toute la fournée doit être éteinte par l'extinction ordinaire, l'apporter, partie par partie, dans la cuve A, fig. 16, et ne verser de-

dans que la moitié de la chaux vive qu'elle pourra contenir, afin que le foisonnement ne la fasse pas déborder au moment de son extinction.

Alors on jettera sur cette chaux vive une fois et demie son poids d'eau, parfaitement pesé, afin qu'il n'y en ait que la quantité nécessaire.

132. On pourra, plus simplement, faire un ou deux essais, avec des mesures propres à estimer exactement en volume les proportions d'eau et de chaux; après quelques tâtonnemens on connaîtra les proportions qu'il convient de mêler ensemble pour que la chaux ne soit pas délayée, mais bien éteinte, en pâte ou bouillie très-épaisse, afin qu'elle ne perde pas de sa qualité. Les mesures une fois connues, on les conservera, et chaque nouvelle extinction dans la cuve A, ne devra s'exécuter qu'avec elles, afin que les opérations aient une marche régulière et constante, qui puisse répondre de la bonté et de l'égalité des résultats.

L'eau, étant jetée sur la chaux, on lui laissera produire son effet, et, lorsque le bouillonnement diminuera, on agitera la bouillie de manière à être bien certain, que toutes les portions de chaux soient dissoutes; lorsque le tout sera bien homogène, un homme enlèvera la planche 2, la chaux liquide s'échappera à travers la grille 3, et tombera dans une grande fosse 1, creusée dans la terre, pour y conserver la chaux jusqu'au moment

ou l'on voudra s'en servir, cependant, comme cette chaux n'est pas aussi liquide que la chaux ordinaire, que les maçons réduisent généralement en lait de chaux, elle passera avec plus de peine, et l'on aura besoin d'incliner la cuve, ce qu'un homme peut faire avec facilité, attendu qu'elle est presqu'en équilibre sur la pièce *d*, et qu'il suffit de tirer plus ou moins le coin *c*, pour lui donner le degré d'inclinaison dont elle aura besoin.

On doit, pendant toute cette manœuvre, agiter jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans la cuve que les pierres à chaux qui ne sont pas cuites, et qui doivent être remises au four ou jetées au rebut.

En s'éteignant la chaux reprend son eau de cristallisation; elle peut développer une chaleur de 240° Réaumur; quelquefois même, il se produit une lumière assez sensible. Il est très-essentiel de placer de suite l'eau nécessaire à l'extinction de la chaux, dans la cuve A; si l'on n'en avait pas mis suffisante quantité, il vaudrait mieux attendre que la chaux fût refroidie, car en jetant de l'eau froide sur les parties bouillantes, elles deviendraient paresseuses, resteraient grenues, et ne pourraient plus se diviser.

On peut, au lieu de la cuve A, se servir d'un tonneau ordinaire disposé comme le tonneau à mêler fig. 26.; on agite au moyen d'un moulinet *cd*, et la chaux s'échappe à volonté par une grille de fond placée en *h*.

Communément on fait sur la terre, avec du sable, une espèce de bassin; on place la chaux vive au milieu, en jetant l'eau dessus à volonté; sitôt qu'elle est éteinte, on la mêle avec le sable environnant.

Autrement on fait, en creusant le sol, un bassin rond, dans lequel on éteint la chaux comme dans la cuve A; et, dès qu'elle est éteinte, on la fait couler dans une fosse, également creusée dans le sol, mais beaucoup plus bas.

133. Nous avons vu (art. 89) que l'extinction ordinaire convient particulièrement aux chaux hydrauliques; il arrive souvent que ces chaux sont paresseuses, qu'elles s'éteignent difficilement; plusieurs d'entre elles ne se dissolvent qu'imparfaitement, et beaucoup de leurs parties restent à l'état de pierre (art. 74 et 95). Dans ce cas les procédés que nous venons d'indiquer sont insuffisans; cette espèce de chaux demande à être broyée à la meule, avant d'être éteinte, en l'éteignant, ou bien encore au moment où on fait le mortier. C'est ainsi qu'en Angleterre on prépare le *roman cement*, qui est un ciment au demi de base hydraulique : on le jette en pierre avec de l'eau dans la machine à broyer (art. 143), le ciment s'éteint à mesure qu'il se broie; lorsqu'il paraît ne plus former qu'une pâte, on l'emploie directement, ou l'on y ajoute le sable voulu, et alors, peu d'instans

après, la meule ayant opéré le mélange, on obtient du mortier hydraulique.

Dans l'une et l'autre hypothèse, il faut que les mortiers obtenus soient immédiatement employés; l'on peut tout au plus les faire attendre le nombre de jours nécessaires à leur prise (art. 93), encore serait-il prudent de les rebroyer un instant.

SECOND PROCÉDÉ.

EXTINCTION PAR IMMERSION.

134. Jusqu'à présent le second procédé d'extinction a été beaucoup moins usité que le premier, on ignorait combien il pouvait ajouter aux qualités des chaux hydrauliques moyennes, etc., (art. 16 et 20).

135. Pour éteindre la chaux par immersion, il faut briser la chaux vive en morceaux de la grosseur d'un œuf, on prend ensuite cette chaux dans un panier d'osier *p*, assez plat, fig. 19; on plonge le tout dans un tonneau d'eau *t*, pendant un nombre de secondes, dépendant de la nature de la chaux, et que l'expérience indique; après avoir retiré la chaux de l'eau, on la verse du panier dans un tonneau vide *T* qu'on finit par remplir, au moyen d'un certain nombre de pannetées; alors on couvre ce tonneau, la chaleur que dégage la chaux se trouve concentrée, l'eau vaporisée par certaines parties est reprise par d'autres, enfin la chaux

finit par s'éteindre et par complètement se diviser.

Le temps de l'immersion peut durer de plusieurs secondes à plusieurs minutes, il est entièrement dépendant de la nature de la chaux; on le juge suffisant, lorsque la chaux ne prend plus visiblement d'eau, et que le léger bruit qu'elle fait en l'absorbant, a presque totalement cessé; après tout on est certain qu'elle est restée dans l'eau le temps suffisant, lorsqu'on la trouve dans le tonneau, non pas en pierre ou en bouillie, mais en poudre fine, parfaitement séchée et divisée.

L'expérience a appris qu'il fallait une journée de manœuvre pour briser, immerger et éteindre vingt-quatre pieds cubes de chaux vive, ce qui augmente le prix de la chaux du quart au sixième.

Il serait donc utile de chercher à diminuer le prix de cette main-d'œuvre, surtout pour les travaux qui ont quelque extension, c'est pourquoi nous donnerons ici l'explication de quelques machines destinées à atteindre ce but.

PREMIÈRE MACHINE. Fig. 19.

136. La plus simple de toutes les machines que l'on peut employer est une perche flexible *ab*, plantée en terre, maintenue dans une position inclinée par deux soutiens *a*, *c*; le panier *p* est attaché à la perche *ab*, par une corde *bd*, et s'en détache à volonté au moyen du crochet placé en *d*, qui

est fixé par un anneau à l'extrémité de la corde *bd;* cet anneau peut être arrêté par une petite tige *ef*, qui maintient le panier *p*, dans la position *gh*, malgré la roideur de la perche et le poids de la chaux qu'il contient.

A gauche se trouve le tonneau T, dans lequel on verse la chaux immergée; à droite une trémie *tr*, dans laquelle l'homme, qui apporte la chaux concassée, peut la jeter; un seul ouvrier suffit alors pour la manœuvre de l'immersion.

Cet ouvrier commence par détourner la planche *io*, qui ferme la trémie, cette planche tourne sur une charnière en *o*, et laisse écouler dans le panier *q*, les morceaux de chaux vive; lorsque le panier est rempli, l'ouvrier referme la porte *io*, et, prenant avec vivacité le panier *p*, qui est dans la cuve, et qui est enlevé en partie par l'effort de la perche, il le renverse dans le tonneau T; alors il décroche de la corde *bd*, le panier *p*, pour placer le panier *q*, dans la position *gh;* pendant que la chaux s'abreuve d'eau, le panier *p*, est porté sous la trémie, on le remplit comme on a fait du panier *q*, et l'on continue ainsi sans interruption.

L'on peut se passer de la perche et de la trémie, mais l'homme a plus de peine pour la manœuvre des paniers, et lorsque la chaux fuse promptement, il n'a pas le temps de charger à la pelle les paniers vides; il faut alors employer un ouvrier de plus.

DEUXIÈME MACHINE. Fig. 20, 21 et 22.

137. L'appareil que nous allons décrire est plus compliqué que le précédent, mais il a l'avantage de confectionner seul, et de produire l'immersion de la chaux, sans l'emploi d'aucun ouvrier.

La main-d'œuvre indispensable est entièrement étrangère à l'extinction; elle consiste seulement à remplacer le tonneau T, quand il est rempli, et à faire marcher le moulin M, pour rompre les pierres de la grosseur propre à l'extinction par immersion, ce qu'on est obligé de faire ordinairement avec des masses.

Dans les fours (fig. 1re), la chaux est toujours élevée au-dessus du sol, et la trémie *a b*, est à peu près à la hauteur de la petite porte *p*; on peut donc apporter, sans être obligé de l'élever, la plus grande partie de la fournée dans cette trémie; alors un ou deux hommes, placés à la manivelle *y*, mettent en mouvement le volant *c d*, portant un pignon qui fait tourner la roue *e f*; cette roue entraîne une noix ou pièce en fonte P, qui par sa forme anguleuse brise la pierre à chaux contre les parois, taillés en redans, de l'enveloppe *m n*. (fig. 22.)

A mesure que les pierres à chaux se brisent, elles tombent dans un panier 2, suspendu sur un

axe, à une roue AB, attachée à la traverse ED, par des liens ou moises FH (fig. 21).

Lorsque ce panier se remplit, l'action de son poids entraîne la roue; le panier 5, qui était en 4, se renverse par l'effet de deux petites tiges *ij*, qui l'obligent à tourner sur son axe.

La chaux qui était dans ce panier tombe dans le tonneau T; le cercle AB, continue son mouvement, que l'allégement du panier 5, favorise; le panier 4, qui était en *gh*, s'approche des tiges *ij*, tandis que le panier 1, vient sous la trémie; alors la roue AB, s'arrête, l'immersion de la chaux que contient le panier 3, s'opère, elle reste dans l'eau le temps nécessaire au remplissage du panier 1; et lorsque ce panier est rempli, les mouvemens que l'on vient de décrire recommencent, etc., etc.

Lorsque le tonneau T, est comblé, on le change, et l'on doit, par des moyens dépendans des localités, entretenir au même niveau l'eau qui est dans le baquet *t*, afin que la chaux soit toujours bien immergée.

Il y a des chaux qui demandent à rester plus long-temps que d'autres dans l'eau; il convient donc de régler le mouvement de la machine en conséquence.

Or nous pouvons remarquer que le mouvement de l'ensemble est entièrement dépendant de la quantité de pierre à chaux que débite le moulin;

il suffira donc de régler son débit de façon à remplir les conditions exigées.

Si l'on veut accélérer le mouvement, on y parvient facilement, en lâchant un peu les coins *k l*; les parties latérales *m n*, du moulin, s'écartent de la noix P; les morceaux de chaux sont un peu plus gros, mais ils se broient beaucoup plus vite : si l'on veut laisser les morceaux de même grosseur, on peut employer plus d'hommes pour faire tourner le volant, ou diminuer la grandeur des paniers 1; 2, 3, 4, etc., l'ensemble pouvant marcher avec des paniers de toutes les grandeurs. fig. 20 et 21.

Dans le cas où le moulin débiterait trop de chaux, de telle sorte qu'elle ne tremperait pas assez long-temps dans le baquet *t*, on emploierait moins d'hommes; et, plaçant une petite planche en *x s*, on ne donnerait de prise à la noix que la quantité en rapport avec le débit qu'on voudrait obtenir; ainsi l'on pourra toujours régler le mouvement de la machine par le débit du moulin.

La noix P, les parois *m n*, et l'enveloppe *u v*, les roues dentées et les extrémités des volans, sont en fonte de fer; les coins *k l*, les axes des paniers et celui de la roue A B, en fer forgé ; la trémie *a b*, et la roue A B, sont en planches; les rayons de cette roue sont cloués avec des doublures également en planches, sur un cylindre en bois placé au centre, et qui porte un axe en fer ; il tourne

sur des coussinets en cuivre placés dans les soutiens FH. L'extrémité des rayons est maintenue par des cordes bien tendues, ou par de petites tringles en bois ou en fer.

Les paniers sont faits en osier avec un bord en bois, ou mieux en fil de fer avec un bâtis en fer forgé.

TROISIÈME PROCÉDÉ.

EXTINCTION SPONTANÉE.

138. Le troisième procédé d'extinction n'a jamais été employé ; il était regardé comme destructeur des bonnes qualités des chaux, et lorsque par des causes quelconques il s'en éteignait spontanément, comme elles foisonnent moins que par l'extinction ordinaire, qu'elles fournissent moins de parties enveloppantes, et, par suite, des mortiers plus coûteux, l'intérêt particulier les considérait comme ayant beaucoup perdu de leur qualité.

Cependant l'extinction spontanée convient parfaitement à la chaux et aux mortiers, et leur donne des propriétés hydrauliques (art. 19). Si l'extinction spontanée ne leur donnait pas une partie des qualités qui lui manquent, on devrait répugner à les employer dans bien des cas ; tels que dans les lieux humides pour les enduits, et en général toutes les fois qu'elles peuvent être soumises à l'humidité et à l'action de l'eau qui les délaie constamment. Ce que nous ne cessons de répéter

à ce sujet surprendra plus d'un praticien, à qui le toucher doux et onctueux de la chaux, ou peut-être son foisonnement, avait mérité une préférence marquée sur toutes les autres.

L'extinction spontanée, fort économique par elle-même, puisqu'il suffit de placer la pierre calcinée et vive, sous un hangar fermé à l'action du grand vent, mais pourtant le plus ouvert possible, est la plus embarrassante des trois extinctions par les emplacemens qu'elle exige; la chaux vive jetée sur le sol ne devant avoir qu'un pied à un pied et demi d'épaisseur au plus, et devant rester ainsi au moins quinze jours, et quelquefois un an, on voit de suite que ce procédé, employé sur des travaux un peu considérables, exigera la construction de très-grands hangars; on peut obvier en partie à cet inconvénient, en divisant comme nous l'avons fait souvent ces hangars dans le sens de leur hauteur, par des planchers en planches volantes distans entre eux de 2 à 3 pieds et demi, ce qui peut doubler, quadrupler, etc., la surface.

Lorsqu'on veut placer la chaux sur les planches volantes, on relève toujours les planches supérieures, afin qu'un homme puisse se tenir debout sur le plancher du dessous, et répandre également dessus les pierres de chaux vive, qu'on peut apporter dans des hottes.

Cette condition oblige toujours à commencer

l'opération par le plancher le plus bas, au-dessous de ceux qu'on veut surcharger.

De temps à autre on remue avec un fourgon les différentes couches de chaux, et lorsqu'elles sont bien éteintes et qu'on veut s'en servir, on peut enlever la chaux de dessus le plancher supérieur, ensuite relever les planches mobiles, pour prendre la chaux des planchers inférieurs ; on la jette à la pelle dans une trémie placée au sommet d'une gaîne en toile forte : lorsque l'on jette la chaux dedans, on doit fermer l'extrémité inférieure de la gaîne, afin d'éviter la poussière. Ce n'est que lorsqu'il y a une suffisante quantité de chaux rassemblée, que l'on délie cette ouverture pour laisser écouler la chaux dans la brouette ou dans la hotte, qui sert à la transporter au lieu où l'on veut l'employer.

La trémie qui porte deux crochets, peut s'attacher au plancher sur lequel est la chaux.

Des trois procédés d'extinction que nous venons de décrire, le premier est celui qui dissout le mieux la chaux, les deux autres la divisent beaucoup moins bien ; ils donnent des mortiers meilleurs, mais plus chers : il est souvent plus économique de faire de la base hydraulique (art. 16).

QUATRIÈME PROCÉDÉ.

EXTINCTION COMPLEXE.

139. On a vu, article 22, que l'extinction com-

plexe indispensable pour l'emploi des cimens actifs, peut donner des résultats infiniment avantageux pour un grand nombre de cas.

Comme ce procédé est peu connu, nous entrerons dans quelques détails relatifs à la manipulation.

Si l'on trouve des cimens qui se dissolvent complètement dans l'eau, on peut les employer en pierre, et les éteindre immédiatement, mais les cimens ont rarement cette propriété, et l'on doit nécessairement les réduire en poudre avec la machine à broyer, et les passer aux tamis, soit qu'ils aient été ou non éteints primitivement par le deuxième et le troisième procédés d'extinction.

Ayant ainsi obtenu de la poudre de chaux active, on peut la garder long-temps dans des tonneaux ou dans des sacs, et l'expédier au loin. C'est ainsi qu'en usent les Anglais, pour leur *roman cement*.

Arrivées sur le chantier au moment de l'exécution, ces poudres de ciment s'emploient comme le plâtre, soit pour faire des moulures, soit pour maçonner; sans qu'il y ait de différence marquée. Il faut encore, ainsi que pour le plâtre, ne mettre que la quantité d'eau nécessaire pour l'extinction, et plutôt moins que plus; il est inutile d'avoir des mesures, l'ouvrier, après quelques essais, acquiert bientôt le sentiment des proportions.

Les instrumens nécessaires à cette manutention, sont, comme on le sait, une truelle, et un vase

contenant de l'eau, plus une petite bâche en bois, de deux à trois pieds de long, dont la forme est celle d'une section de 7 à 9 pouces de haut, prise dans une pyramide renversée, à base rectangulaire.

On commence par jeter de l'eau dans la bâche, et, prenant la poudre de ciment avec la truelle, comme avec une pelle, on la saupoudre sur l'eau; quand on en a mis quantité suffisante, on agite et l'on mêle avec la truelle : bientôt le mélange, qui était d'abord froid et liquide, s'échauffe s'épaissit, et devient pâteux; c'est alors le moment de l'employer, ce que l'on doit faire vivement, autrement il se solidifierait dans la bâche; tandis qu'il doit ne prendre corps que sur la moulure ou la maçonnerie.

Avec de l'habitude, et lorsque l'on a la précaution de ne préparer dans la bâche que le mortier qui peut être employé sur-le-champ, on a tout le temps nécessaire pour opérer; la prise des cimens actifs pouvant être rendue plus prompte ou moins prompte que celle du plâtre, en ajoutant de l'eau en suffisance, sans qu'il y ait le moindre danger pour le résultat; souvent même, et tant qu'on emploiera des matériaux spongieux, on pourrait y ajouter toute l'eau nécessaire pour qu'il restât long-temps liquide après être refroidi, et il n'en prendrait pas moins corps immédiatement après l'emploi.

Si la nature du ciment et l'usage auquel on le destine permettent que l'on y ajoute du sable, on devra le mêler au ciment par truellée alternative, en le jetant dans la bâche; à moins que l'on ne préfère mêler le ciment en poudre et le sable à l'avance.

On doit prendre particulièrement cette précaution pour les cimens composés de toute pièce à froid, c'est-à-dire composés de chaux pure réduite en poudre (par l'extinction spontanée je suppose) et de base hydraulique (tirée de pouzzolanes quelconques) on ne les emploiera comme cimens qu'après en avoir, en poudre, parfaitement opéré le mélange.

Ces cimens faits à froid supportent peu le sable; cependant, si l'on peut leur en ajouter, il faut ne le faire qu'après l'extinction de la poudre de ciment dans la bâche.

Comme il en coûte beaucoup plus pour broyer des cimens en pierres et à sec, que pour broyer ces mêmes cimens avec de l'eau; on pourrait sur les grands ateliers économiser une portion de la main-d'œuvre, en laissant éteindre en partie les cimens, par l'extinction spontanée; avant de les réduire à sec, en poudre, avec la machine à broyer; ou bien encore, les broyer avec de l'eau, un peu en excès, afin qu'ils se conservent en pâte, que l'on porterait aussitôt au

maçon, qui en déterminerait activement la prise, en y ajoutant un peu d'eau et du ciment en poudre, dont la chaleur particulière suffirait pour faire prendre le tout à volonté.

Il est encore un procédé plus économique, et qu'on doit employer partout où l'on n'a pas les moyens de broyer : il consiste à mettre le ciment en pierre dans une bâche à part, sur trois à quatre pouces d'épaisseur, et à remplir les interstices avec de l'eau : l'on attend que les symptômes de l'extinction commencent à se manifester, pour ajouter une seconde couche de ciment en pierre et de l'eau, etc. De temps à autre on doit examiner avec la truelle ou tout autre instrument, s'il est des endroits où le ciment est encore en poussière fort sèche pour y jeter un peu d'eau ; enfin, après un certain laps de temps, tout le ciment est réduit en poudre aussi bien qu'il est possible pour sa nature.

C'est dans cette bâche que l'on vient prendre le ciment, qui peut être, partie en pâte très-ferme, partie en poudre, et souvent difficile à manier; il faut le couper, le trancher ; en vertu de la résistance que lui a donnée et le minimum d'eau et le repos (art. 75), et qui s'évanouit, sans y ajouter d'eau, sitôt que le maçon l'a suffisamment malaxé ; ce qu'il fait toujours dans sa bâche avec sa truelle, qu'il saisit à deux mains et avec force, au moment de l'employer.

Tout ce qui vient d'être dit est relatif aux cimens actifs employés à la main comme le plâtre ; mais il est beaucoup plus difficile de les employer en grand : il faut beaucoup d'habitude et de sagacité pour leur donner rigoureusement l'eau qui leur convient dès qu'ils en manquent ; une fois sous l'eau, ils se boursouflent et se détruisent, d'autant plus qu'ils sont moins hydrauliques.

Pour opérer en grand sans machine à broyer, on peut éteindre les cimens actifs dans la cuve A (fig. 16, art. 131), ou dans des bassins analogues à ceux creusés en terre (art. 151, fig. 30), en n'oubliant pas qu'il faut mettre le ciment par couche et n'ajouter que l'eau rigoureusement nécessaire pour les éteindre, afin de profiter de l'action développée par les élémens en extinction pour réduire plus complètement les autres. (Chap. x.)

Quant à l'extinction complexe des cimens réduits en poudre par le deuxième et le troisième procédé d'extinction, on peut l'exécuter ainsi qu'il suit (art. 158).

On jette les cimens en poudre dans un bassin par couche de quelques pouces, en y ajoutant successivement de l'eau, et même le sable, si on veut de suite en faire un mortier, et on laisse macérer un temps, fonction de la qualité du ciment; un peu trop, et il se solidifierait, ou perdrait de sa qualité (art. 93). Au moment où l'on veut s'en

servir, on prend ses couches à la pelle, en les coupant verticalement pour les porter dans le tonneau à mêler, ou dans nne bâche prismatique qui peut contenir un quart à un demi-mètre cube, dans laquelle on malaxe à force de bras, à la pelle, au rabot, ou au pilon ; le plus possible, sans y ajouter d'eau, et de manière à ce que le mortier soit de troisième ou quatrième consistance au moment de les employer (art. 75). C'est ainsi qu'en Russie l'on éteint, peu de jours avant le moment de les employer, les chaux et cimens préalablement éteints sans raison par les deuxième et troisième procédés d'extinction.

Nous engageons à n'employer l'extinction complexe, que pour les cimens à 1/4 (art. 89), et surtout à broyer parfaitement avec les machines ces cimens macérés, avant que d'y ajouter le sable (art. 74), sans oublier que si ce sable est humide ou contient de l'eau, il en faut mettre d'autant moins dans le ciment préparé.

MACHINES

POUR PASSER, MÊLER ET BROYER LES CHAUX ET LES MORTIERS.

140. Dans toutes les fournées il y a toujours des pierres à chaux qui ne sont pas parfaitement cuites, ou qui contiennent des pierres étrangères qui restent entières; ces pierres, parfois assez volumineuses, doivent toujours être séparées de la chaux éteinte, ce que l'on peut faire assez facilement

avec un râteau à dents de fer, lorsqu'on se sert des poudres de chaux provenant des deux derniers procédés d'extinction; et ce qui s'opère de soi-même dans le premier procédé par le moyen des grilles placées à cet effet aux cuves (fig. 16, art. 131).

Quand on manque de base hydraulique, on peut, dans beaucoup de circonstances, broyer ces incuits et en tirer parfois une sorte de pouzzolane: ce qu'on est toujours maître d'essayer.

Mais outre les parties non dissoutes, il en est encore d'autres, beaucoup plus petites et qui sont très-abondantes dans la chaux éteinte, par le deuxième et le troisième procédé; non pas pour la chaux pure, mais pour les mortiers à 2/5 et à 1/2 de base ordinaire. Les cimens très-hydrauliques en donnent également, lorsqu'on les éteint par les quatre procédés d'extinction.

Dans ces diverses hypothèses, les parties de pierres à chaux non divisées peuvent, en les broyant, donner de la qualité aux mortiers (art. 74). Nous avons cité dans notre exposition l'exemple de la chaux de Narva, le premier des cimens naturels que j'ai trouvé en Russie, et dont on avait jusqu'alors ignoré les propriétés, par cela seul qu'on n'avait pas pensé à le broyer; nous croyons donc souvent nécessaire pour tirer le meilleur parti possible des élémens qu'on emploie, de les broyer parfaitement.

MACHINE A PASSER.

141. Pour les petits ateliers chez les particuliers, on se contentera de passer à la claie les chaux éteintes par le deuxième et le troisième procédé ; pour cela on prend la chaux par pelletée et on la jette sur un treillis en bois ou en fil de fer assez serré, placé sous un angle de 40 à 45°; la poudre fine passe à travers les mailles, et les parties trop grosses tombent sur le plan incliné que forme le châssis (fig. 17).

On peut prendre ces débris et les piler dans un pilon ordinaire, ou les battre à terre avec des masses en bois pour les écraser et les diviser, de façon à ce qu'ils puissent passer à travers le crible.

Sur des travaux plus considérables, on aura bien de l'avantage à se servir d'un cylindre en treillis *a b*, semblable à ceux qui tamisent la farine, les mailles étant seulement un peu plus fortes. La chaux broyée se jetterait dans une trémie *tr*, et tomberait dans le cylindre; un ouvrier appliqué à la manivelle faisant tourner ce cylindre sur son axe, le chaux passera par les mailles du treillis, et les parties trop grosses s'écouleront par l'extrémité *g*, où elles seront reprises, pour être broyées de nouveau sur une aire avec des masses ou dans un mortier (fig. 18).

Si l'on voulait des poudres à différens degrés de

ténuité, on pourrait recevoir les résidus de la première dans une trémie, qui porterait la poudre dans un second cylindre à mailles plus déliées, etc.

Quant aux chaux qui fusent mal et se conservent en partie en pierre, la manière de les réduire en poudre la plus à portée de tout le monde est sans doute de les broyer au pilon dans un mortier.

Mais on peut employer sur de grands travaux des moyens plus parfaits et plus expéditifs; nous donnerons pour cet objet la description de la machine à broyer en usage en Angleterre (art. 142).

MACHINE A BROYER ET A MÊLER.

FIG. 23, 24 et 25.

142. Elle se compose d'un plateau *a b* en fonte, de un à deux pieds d'épaisseur, ayant un rebord de quelques pouces de hauteur : ce plateau, porté sur un axe vertical, tourne sur lui-même; le mouvement lui est communiqué par un engrenage conique *c d*, qui correspond à une machine à vapeur. Deux meules *ef*, en granite ou en pierre dure quelconque, reposent sur les deux extrémités d'un diamètre du plateau *a b;* lorsque ce dernier tourne horizontalement, les meules, dont les axes *g h* restent fixes, sont entraînées, par l'effet du frottement dû à leur pression sur le plateau, à tourner verticalement; en parcourant ainsi toute sa surface

elles écrasent en passant les substances que l'on a jetées sur le plateau *ab*.

On vient de dire que les axes *gh*, des meules *cd*, restaient fixes, mais ils ne le sont pas régulièrement; l'on voit, dans l'élévation, qu'ils sont attachés par une de leurs extrémités aux poteaux A, et que l'autre extrémité se lie aux poteaux B, par des tiges en fer *hi*, au moyen de charnière qui leur permet un mouvement de haut en bas dans un plan vertical, de telle sorte que les meules *ef*, peuvent s'élever et s'abaisser selon les besoins, soit parce qu'on mettrait plus ou moins de substance à broyer sur le plateau, soit parce que pourrait l'exiger quelque partie solide qui ferait obstacle. Un robinet *kl*, donne de l'eau à volonté dans le plateau, qui peut lui-même servir de mesure en cas de besoin.

Des plaques *m* et *n*, en fonte, sont fixées verticalement sur le fond du plateau, pour obliger les matières à repasser sous les meules.

Lorsqu'on veut arrêter le mouvement du plateau, on élève la tige *op*, le tenon *q* se détache de la pièce D, qui devient libre; alors au moyen de la tige *rs*, liée à la pièce D, fixe en *t*, et que l'on fait marcher de côté, cette pièce D est entraînée horizontalement, désengrène la roue conique verticale d'avec la roue horizontale *cd*, et interrompt

ainsi la communication du mouvement; la manœuvre contraire le rétablit.

Cette machine peut servir à broyer la chaux en poudre, en bouillie, à faire des cimens, des mortiers, etc., et nous aurons l'occasion d'y renvoyer plus d'une fois.

Lorsque la substance à broyer tend à se mettre en pâte, et qu'il est bon de les diviser, on place des herses fixes qui s'appuient sur le plateau et en sillonnent toute la surface; on peut même avoir une des meules, à dents perpendiculaires à la circonférence, ou à gorge, à couteau, comme si elles étaient tournées.

Il pourrait arriver qu'on n'eût pas de plateaux en fonte, et dès lors la machine paraîtrait inexécutable; mais on peut observer qu'il est facile de la construire en bois, en garnissant l'intérieur en forte tôle ou bandelettes de fer, ou bien encore en la pavant en pierre plate.

Cette même machine s'exécute dans tous les pays pour broyer les plâtres, les graines, etc., avec cette différence que le plateau est un massif de maçonnerie fixe, et que ce sont les meules qui tournent, et ont par conséquent un double mouvement de rotation. L'expérience a prouvé que le système que l'on propose est moins dispendieux, donne de plus grands produits, et jouit de plus de

l'avantage de pouvoir être facilement transporté d'un chantier à un autre.

MACHINE A BROYER ET MÊLER

A MOUVEMENT ACCÉLÉRÉ.

143. L'on peut supposer que le broyoir de cette machine soit mu par une machine à vapeur; dans le cas où l'on n'en n'aurait pas à sa disposition, on pourrait y substituer un manège : mais quelque accéléré que puisse être le mouvement des chevaux, le temps qu'ils emploieraient pour faire une révolution complète serait bien plus lent que le mouvement de rotation du plateau, qui doit être de 10 à 20 révolutions par minute, attendu que les chaux et les mortiers demandent autant à être mélangés que broyés; aussi pour qu'il n'y ait pas de temps ni de force perdue, il faudrait donner aux meules mobiles un mouvement de rotation plus vif que celui des chevaux; on pourrait l'obtenir en occupant un double emplacement : celui où serait le broyoir, puis un emplacement où serait placé le manège, qui communiquerait le mouvement au moyen de roues coniques de différente grandeur; mais on peut produire le même effet avec un emplacement simple par le mécanisme que nous allons décrire, et qui a été imaginé par M. le général de Bétancourt (fig. 27, 28 et 29).

Dans le manège ordinaire le plan sur lequel

roule la meule 8 est horizontal, et l'on emploie souvent un homme pour rassembler les matières qui tendent toujours à s'échapper de dessous la meule; ici le plan du bassin annulaire étant incliné à l'horizon, les parties broyées retombent toujours d'elles-mêmes dans la partie anguleuse 11, où la meule 8 exerce le plus grand effort, et un râteau qu'elle entraîne suffit pour les retourner.

Quelle que soit l'inclinaison du bassin annulaire, et le grand diamètre de la meule 8, si le sommet de la surface conique qu'elle détermine est sur l'axe de rotation, les espaces parcourus sur le plan incliné du bassin seront respectivement égaux aux circonférences des cercles de la meule.

Lorsque les chevaux mettent en mouvement l'axe 3, la roue dentée 4, qui s'engrène dans le pignon de la roue 5, lui fait faire plusieurs révolutions par tour de manège, et communique une vitesse accélérée à l'axe 6, dépendante du rapport des diamètres des roues et des pignons. (fig. 29.)

Le mortier, ou la chaux broyée, peut s'écouler dans une fosse 13, par un conduit 12 qu'on peut fermer à volonté.

Ces machines, dont les meules pèsent un millier, et quelquefois plus, sont tout ce qu'il faut pour broyer des cimens, et les mêler avec des sables. On peut les employer raisonnablement tant que l'on a ce double but à remplir : mais si les cimens

s'éteignent complètement dans l'eau, il est tout-à-fait inutile de les broyer à la machine ; il suffit de les éteindre par le premier procédé, et de les mêler directement avec le sable, en se servant de la machine à mêler.

MACHINES A MÊLER.

144. La machine (fig. 26) destinée à faire toute espèce de mélange, se compose d'un tonneau *a b*, dont l'axe mobile, armé de palettes, est mis en mouvement par une machine à vapeur ou par un cheval ; on jette dedans les substances à mélanger ensemble, à la hotte, au sac ou au panier ; elles sortent par le bas avec plus ou moins de vitesse, suivant le degré d'ouverture que l'on donne à la porte à coulisse *c*.

Ce tonneau à mêler peut donner dans un jour cinq à six cents pieds cubes d'amalgame, ce qui fait environ un pied cube à la minute.

Il faut que l'axe de cette machine et les palettes soient établis avec solidité.

Tant que l'on a besoin de cimens de deuxième ou troisième consistance, on peut encore les exécuter en bois ; mais pour mêler à quatrième consistance des mortiers et des betons, il faut que l'axe, la palette et les peignes soient en fer. On peut d'ailleurs obtenir un mélange aussi intime, aussi pressé qu'on peut le désirer avec cette machine, la meil-

leure que nous connaissions pour mêler ; il suffit de la faire plus haute.

Dans ce cas, comme la pression dans le bas devient énorme, je la ferai en cône renversé, en inclinant les palettes dans le sens du mouvement, de manière à faire descendre les substances, et par conséquent d'autant plus courtes qu'elles seraient plus près du pied de l'arbre.

MACHINES A BROYER LES POUZZOLANES.

145. S'il s'agissait de broyer à sec des schistes, des briques, etc., pour en tirer de la base hydraulique, le poids des meules des machines déjà décrites ne serait pas toujours suffisant, et l'on est obligé d'employer des meules verticales en pierre ou en fer, ayant deux ou trois fois leur poids; mais en général ces machines lourdes, difficiles à déplacer, ne sont pas d'un bon produit ; les parties déjà réduites en poudre empêchent, par leur présence, la réduction des parties en grains; aussi faut-il mieux, pour bien régler cette trituration, l'exécuter par parties isolées.

On peut d'abord réduire les pierres à l'état de sable, en les plaçant dans des bocards composés de pilons, qui tomberaient dans des mortiers, dont le fond serait formé d'une grille en barre de fer placée de champ; à mesure que les pierres se réduisent en grains, elles s'échappent entre les

barres de fer qui ont du jeu sur leur châssis, et laissent incessamment en prise au pilon, les seules parties de pierres qui ne sont pas pulvérisées. . . .

On peut alors reprendre ces sables, et les jeter en petite quantité, sous les meules des machines à broyer les pouzzolanes.

Dans le cas où l'on devrait employer immédiatement les chaux ou les pouzzolanes, il serait avantageux de les broyer avec de l'eau, et même après les avoir fait macérer; puisque presque tous les élémens qui servent à faire les mortiers perdent, comme beaucoup de pierres, 1 à 2/5 de leur résistance par l'immersion.

Toutes les machines employées jusqu'à présent sont encore insuffisantes; elles obligent, pour ne pas avoir de sables mêlés avec de la poudre, à laver les résidus obtenus en pâtes, ou à tamiser les résidus obtenus en poudre, ce qui n'est pas toujours facile. Il me semble que l'on pourrait broyer les élémens réduits à l'état de sable avec des meules, de la même manière qu'on moud le bled.

On pourrait composer ces meules avec des lames de fer alternativement hautes et basses, et qui tendraient au centre de la meule, mais pas tout-à-fait dans la direction du rayon, si bien que la meule du dessus ne serait pas d'accord avec celle du dessous; ce qui permettrait aux deux systèmes

de dentelure de glisser l'un sur l'autre en se croisant et sans engrener; le centre des meules serait uni, elles broieraient les grains les plus fins qui tendraient à s'échapper au centre, par le frottement.

MACHINE A TAMISER.

146. L'on peut avoir directement des tamis, et s'en servir à la main; on peut aussi, comme le font les meuniers, employer un blutoir; enfin on peut, comme on le fait pour la poudre à canon, tamiser au moyen de la ventilation.

On a pour cela un long conduit divisé dans sa longueur et en plan horizontal par de petites planches placées verticalement, ce qui en fait autant de cases; on fait pénétrer un courant d'air dans ce conduit au moyen d'un volant, comme on en voit à tous les moulins qui servent à ventiler le grain; laissant tomber les poudres à diviser du haut du conduit et dès l'entrée, la colonne d'air, mise en mouvement par le volant, entraîne ces poudres dans des cases d'autant plus éloignées de l'entrée, qu'elles sont plus légères et plus divisées, tandis que les parties à l'état de sable tombent dans les cases immédiatement au-dessous.

PRÉPARATIONS DES SABLES.

147. Les sables tels qu'on les trouve dans la nature sont généralement des sables mêlés, c'est-

à-dire les plus propres à faire des mortiers (art. 38); cependant il peut arriver qu'ils le soient dans de mauvaises proportions qui laissent trop de vides et demandent l'emploi de trop de chaux.

Un des points essentiels pour l'économie est de chercher des sables qui n'aient besoin d'aucune préparation, ou bien encore que toute la préparation se réduise à mêler des sables entre eux ou avec des sables fins, mais lorsqu'il faut passer, trier et laver, le prix du sable peut doubler.

On est obligé de passer les sables lorsqu'ils contiennent trop de terre, de poussière, ou de sables fins, car un tel sable n'a point de vide, et si on l'emploie avec la chaux ce doit être en partie presque égale; si c'est avec un ciment qui contient des bases sablonneuses, ces bases ne trouvant pas à se loger, le volume du mélange augmente, et il faut alors une nouvelle addition de ciment (art. 37), ce qui n'est ni bon, ni économique.

On devra trier les sables mêlés toutes les fois qu'ils contiendront des sables d'une certaine grosseur en excès, et qu'on ne pourra pas corriger ce défaut par l'addition d'un autre sable.

Il faut laver, toutes les fois que le sable est mêlé à *des terres crues* qui nuiraient au mortier et dont la séparation ne peut avoir lieu que par l'eau.

On peut faire les deux opérations en même temps avec l'appareil suivant.

APPAREIL

POUR LAVER ET TRIER LES SABLES MÊLÉS.

148. Supposons un tonneau sans fond, placé debout et traversé au milieu de sa hauteur par un axe horizontal, terminé par deux tourillons qui porteraient sur deux supports fixés au-dessus du sol, de manière que le tonneau puisse avoir sur cet axe un mouvement d'oscillation comme un pendule.

Supposons encore que le fond inférieur du tonneau soit remplacé par un crible en toile métallique qui puisse retenir les sables fins; qu'au tiers de la hauteur totale on place un second crible, comme fond intermédiaire et qui puisse retenir les sables moyens, qu'enfin aux deux tiers du tonneau on place un crible à sable gros, et qu'au-dessous de l'ensemble soit un réservoir pour recevoir les parties les plus divisées.

Imaginons de plus que le robinet d'une fontaine [1] puisse dégorger sur l'ensemble des cribles, et qu'on ait placé dans le premier un sable de toute grosseur et mêlé de terre : par l'action de l'eau qui passera d'un crible à l'autre, et l'oscillation continue du tonneau, qu'un ouvrier pourra diriger, les terres et les sables passeront des cri-

1. On emploie de l'eau pour dissoudre les parties solubles que les sables pourraient contenir, et les en séparer; dans le cas où ils seraient purs, on pourrait en faire la division à sec.

bles supérieurs aux cribles inférieurs; après quelques instans le lavage et la division complète des sables seront opérés, les terres et sablons seront entraînés par l'eau, dans les réservoirs placés au-dessous du tonneau, et finiront par s'y déposer.

Deux ouvertures seront faites au pourtour de ce tonneau pour en retirer à volonté les sables par le seul renversement et en le faisant tourner sur son axe transversal. Les oscillations seront bornées par des piquets fixés dans le sol, et contre lesquels le tonneau, en s'inclinant à droite et à gauche, viendra battre. Cette opération ne devra pas coûter plus de cinq centimes par pied cube, et si l'eau était naturellement à la hauteur convenable, elle n'en coûterait pas deux.

Ayant fait en petit l'analyse du sable que l'on veut employer ainsi qu'il est indiqué (art. 56 et suiv.), on s'assurera par (l'art. 38) que les proportions sont bonnes; s'il en était autrement, on saurait la quantité et la grosseur du sable en excès ou du sable à ajouter pour que le sable mélangé soit le plus convenable; s'il contenait des terres crues, la perte de force qu'en éprouverait le mortier (art. 58) déciderait : de la nécessité du lavage en grand; l'espèce de chaux ou ciment, des circonstances de l'emploi, de la grosseur du sable, de ses vides, etc.

On donnera la préférence au sable selon le lieu

d'où il aura été tiré (art. 24), selon sa composition, d'après la nature de la chaux et l'espèce de résistance que l'on voudra obtenir (art. 31). Les proportions de chaux et de ciment à ajouter au sable préféré seront déterminées (art. 35 à 39).

FABRICATION

DES POUZZOLANES ARTIFICIELLES.

149. Sans entrer inutilement dans le dénombrement minéralogique des nombreuses substances dont on peut tirer des pouzzolanes; comme on peut en extraire de tous les minéraux, pierres, sables ou terres, susceptibles de se réduire en poudre; nous établirons comme règle générale : qu'il en sera fait le départ (art. 56), que l'on fera l'essai des poudres crues ou calcinées (art. 58), et que tout ce qui développera de la base hydraulique sera reconnu pouzzolane [1] (art. 40).

Relativement à la fabrication, toutes les substances possibles se présenteront soit en masse, soit divisées.

Les pouzzolanes qui seront calcinées en masse, comme les schistes, les basaltes, les grès, etc.,

1. M. Bruyère, inspecteur-général des ponts-et-chaussées de France, qui a tant fait pour l'art des constructions, a bien voulu me communiquer sur la fabrication des cimens, des observations importantes, fruits de son excellent jugement et de sa profonde expérience.

seront cuites dans des fours à chaux, à la manière des pierres calcaires, et l'on devra étudier le coup de feu le plus convenable, en s'aidant de ce qui a été dit (art. 40 et 41); mais on insistera d'autant moins sur ces sortes de pouzzolanes ou sur celles que l'on peut obtenir en masse, et qui sont des produits de l'art; comme les pots, les gazettes, les briques, etc., que la base hydraulique qu'on en retire est trop chère, qu'on peut la faire naître des terres argileuses, très-répandues dans la nature, à meilleur marché; à moins qu'on ne trouve, comme je l'ai vu en Suède, des schistes qui sont prêts à se calciner au contact de l'air, etc.

Toutes les substances que l'on trouve en poudre, sable ou terre, étant plus particulièrement celles dont les bases hydrauliques doivent être tirées, nous allons en donner les manutentions particulières.

PRÉPARATION DES TERRES,

PROPRES A FOURNIR DE LA BASE HYDRAULIQUE, POUR FABRIQUER DES CIMENS FACTICES, A CHAUD.

150. Toutes les terres argileuses avec lesquelles on peut faire des poteries ou des briques ordinaires, sont propres à fournir des bases hydrauliques.

Ces terres peuvent se trouver dans des situations et à des états bien différens; souvent desséchées

sur les montagnes, détrempées au milieu des plaines ou délayées au fond des rivières, elles sont plus ou moins mélangées avec des substances végétales ou animales, des sables et des pierres qui peuvent embarrasser les transformations désirées.

On peut user, selon les cas, de différens moyens pour en faire la séparation, et je vais les indiquer, quoiqu'il soit assez rare d'être forcé de les employer; car les terres argileuses telles qu'on les trouve dans la nature, sont généralement bien disposées pour être mêlées et calcinées avec les chaux.

Si les terres sont desséchés, qu'elles ne soient mêlées qu'avec des pierres, on les bat sur une aire plane, avec des battes en bois composées d'un plateau arrondi de trois à quatre pouces d'épaisseur; un manche flexible est fixé, presque perpendiculairement, au milieu de la partie plane, dans laquelle on a percé un trou pour le recevoir.

A mesure que les terres se réduisent en poussière, on les passe en les jetant sur la claie (art. 141 et 146), et si les parties qui ne passent pas contiennent encore des terres, on les écrase de nouveau.

On ne peut se servir pour cette opération de la machine à broyer (art. 142); attendu que les pierrailles seraient bientôt réduites en poussière ou à l'état de sable, ce qui est rarement utile et peut souvent être nuisible, en créant trop de base ordinaire.

Dans le cas où les terres argileuses sont un peu humides, on peut aisément les faire sécher pour les soumettre à l'opération précédente ; mais si elles étaient entièrement mouillées, il serait plus économique d'en faire le lavage.

Dans les climats un peu pluvieux, on doit toujours laver les terres; il serait impossible de les battre et de les passer, elles s'attacheraient aux instrumens sans se diviser; en Provence et en Tauride il nous était facile de les obtenir en poudre, mais en Hollande nous ne l'eussions pas essayé.

Des terres argileuses qui contiennent un tiers de sable sont des terres sablonneuses; si elles en contiennent deux tiers, ce sont des sables terreux. Dans l'un et l'autre cas, on doit d'abord les passer, ensuite on peut laver les résidus ainsi qu'il suit :

APPAREIL POUR LAVER LES TERRES.

151. On place sur le sol un tonneau *a b* (fig. 30), on remplit d'eau, l'on jette dedans la terre brisée en parties.

Après quelques heures, lorsqu'elle est bien détrempée, on agite vivement avec une espèce de rame *c d*, ou bâton large du bout; une partie de la terre se dissout et reste en suspension dans le liquide ; on profite de l'instant de la plus vive agitation pour ouvrir les bondes *l m*, par lesquelles l'eau, chargée des parties les plus légères

de la terre, s'échappe et se rend dans les bassins *g h*, tandis que les pierres et les sables restent au fond du tonneau.

Quelques heures après on s'aperçoit que l'eau dépose et que la terre en parties très-fines s'en sépare; enfin lorsque la surface supérieure du liquide est limpide, on enlève à la main une partie de l'ouverture *i k*, qui a été fermée avec de la terre argileuse, alors l'eau s'écoule dans un puisard *e f*; la terre reste dans les bassins, d'où on la tire à la pelle, alors elle est très-bien préparée pour faire, étant mêlée avec les chaux communes, des chaux hydrauliques factices.

L'eau tombée dans le puisard, composé d'un tonneau qu'on pourrait enterrer, peut servir de nouveau à remplir le tonneau *a b*, afin de recommencer la même opération, et cela indéfiniment.

Les bassins *g h*, sont très-faciles à construire; on les compose d'un bord et d'un fond en planches, complètement entrés dans la terre, qui maintient le tout; il faut seulement avoir le soin de garnir le fond et les côtés de l'excavation du sol avec une couche de terre glaise, afin de ne pas faire une trop grande perte d'eau.

On peut aussi construire ces bassins en brique, en maçonnerie, ou de toute autre manière.

Lorsqu'on a de l'emplacement, et que l'on veut recueillir des terres de différens degrés de ténuité,

il faut construire un certain nombre de bassins contigus *g h*, les uns au-dessous des autres par échelon ; si bien que l'excédant du premier puisse tomber dans le second, l'excédant du second dans le troisième, etc.; il en résulte que les dépôts de terre, qui s'opèrent dans les derniers, sont toujours plus ténus, les parties les plus lourdes et les plus grosses tendant à se précipiter les premières.

On peut avoir autour du tonneau *a b*, et placés rectangulairement, 4, 8, 16, etc. de ces bassins.

Les terres argileuses, ainsi purifiées, sont fines, ténues, et dans l'état de division convenable pour être mêlées avec les chaux (chap. VIII).

PRÉPARATION DES TERRES,

POUR FAIRE LES POUZZOLANES FACTICES.

152. Lorsqu'on trouve des minéraux en débris, déjà calcinés par la nature ou prêts à se calciner d'eux-mêmes, comme on voit en Suède les schistes des bords du lac Venern [1], il suffit de les employer après les avoir réduits en poudre la plus impalpable possible : des pouzzolanes en grains, ne pouvant agir chimiquement sur les parties enveloppantes comme les poudres, et présentant le

1. M. le comte Platen, qui vient de rendre un immense service à son pays en construisant le beau canal de Gothie, en a fait faire tous les mortiers avec ces schistes. J'ai vu à Husbyfjol, une machine à broyer (art. 144) et un bluttoir, mus par un roue hydraulique, qui servaient à les réduire en poudre.

double inconvénient, d'avoir moins d'énergie et d'empêcher qu'on ne puisse les unir à autant de sable siliceux.

Si l'on trouve des minéraux à l'état de sable, il faut éprouver si ce sable est calcaire (art. 107); il pourrait alors être susceptible d'être réduit en chaux, en même temps qu'on ferait calciner la terre; ce qui donnerait immédiatement, non-seulement une pouzzolane, mais un ciment hydraulique tout préparé; resterait à choisir s'il doit être calciné et manipulé en masse, comme les cimens factices (art. 157), ou bien broyé et calciné comme les cimens (art. 164).

153. Lorsque le sable que contient la terre n'est pas calcaire, il suffit de la torréfier (art. 46) dans des fours analogues à ceux décrits (art. 127, etc.).

Nous avons fait beaucoup de pouzzolanes factices par cette méthode, principalement avec des terres argileuses mêlées de sable quartzeux. Nous opérions en les exposant sur des plaques en fonte, chauffées au rouge, dans un pays où le combustible est très-commun et la main-d'œuvre assez rare; nous avions donc pris le parti de calciner les sables et les terres ensemble, avec l'attention de faire constamment agiter la poudre sur les plaques, pour plus d'égalité et de contact avec l'air et le feu. Les ouvriers, après les premières chauffes, reconnaissaient le degré de cuisson, par la couleur que la

terre prenait en se calcinant; ce qui était d'ailleurs vérifié en faisant des essais, pour s'assurer que ce degré était atteint et pas encore dépassé.

Lorsqu'on rencontre dans la nature des terres argileuses très-divisées, la réduction directe en pouzzolanes peut éprouver plus de difficultés, surtout si l'on veut les calciner en poudre impalpable; l'on est obligé de les sécher, de les battre, passer, etc.; et quand on calcine sur des plaques rouges, il faut qu'elles soient incessamment agitées et mises en couches très-minces sur le feu; autrement l'argile, retenant l'eau avec force, ne l'abandonne qu'avec les progrès de la calcination, si bien qu'avec des couches de quelque peu d'épaisseur il s'opère des détonations, résultat d'une vaporisation comprimée. Le four à torréfier, à plaque percée et à ventilation (art. 162), et les plaques inclinées des fours (art. 130), me semblent propres à parer à ces inconvéniens, que je n'ai jamais rencontrés d'une manière à m'empêcher d'opérer; bien que je l'aie observée, non-seulement dans la calcination des argiles, mais encore comme précédant l'ébullition de certains corps pâteux à froid, et qui se liquéfient en chauffant.

L'agitation des poudres sur les plaques est certainement un moyen de l'éviter, mais il faut surtout chauffer méthodiquement et d'une manière réglée; que la partie des plaques voisines du foyer soit au

au rouge cerise, et jamais plus, on dépenserait trop de combustibles; d'ailleurs les plaques doivent être longues, afin qu'en les parcourant les poudres aient le temps de se dessécher progressivement et avec lenteur, et cela pour toutes les torréfactions.

Comme il est rare de rencontrer des terres argileuses en poudre sèche, on sera toujours maître de les obtenir en élémens pulvérulens, dont la calcination sera plus aisée. Cependant, comme il est essentiel que ces terres soient le plus possible en contact avec l'air, on pourrait les diviser avec des sables, de la chaux; ou mieux encore en les mêlant à du charbon, à des végétaux, algues, pailles, sciures, fougères, feuilles, etc.

Si l'on voulait obtenir ces terres en fragmens porreux, on les manipulerait comme des cimens factices (art. 161), en leur donnant la même cuisson.

Enfin, dans le cas où l'on voudrait calciner les terres dans des fours ordinaires, on pourrait les réduire en petites briques ou en prismes caverneux, par un moulage de forme quelconque; il suffirait de les exposer au-dessus des fours à chaux, à briques ou tout autre four, en un lieu où ils puissent être chauffée au rouge (art. 46 et 121).

Quelque procédé de calcination qu'on adopte, on doit toujours parfaitement broyer les pouzzolanes artificielles, avant que de les mêler à la chaux;

elles développent d'autant plus de base hydraulique: mais quelque soin qu'on prenne, les mortiers résultans, contiendront généralement plus de base ordinaire que les cimens factices; ils supporteront moins de sable, et seront par suite moins résistans.

DÉTAIL ESTIMATIF

DE LA POUZZOLANE DE TERRE ARGILEUSE.

154. En établissant les calculs sur les mêmes bases qu'à l'art. 160, attendu que les cimens ont besoin de la même cuisson que les chaux factices, et que les fourneaux doivent en calciner autant dans les vingt-quatre heures, on trouve :[1]

Fourniture de 580 pieds cubes de terre argileuse naturelle à 7 centimes	40 fr.	60 c.
Sécher, diviser, passer et transporter 580 pieds cubes de terre à 10 centimes	58	»
Fourniture de 75 pieds cubes de bois à 20 centimes	15	»
Main d'œuvre, cuisson, etc., 14 journées à 2 francs	28	»
Faux frais, entretien du four, etc.	10	»
Ce qui fait pour 580 pieds cubes de pouzzolane	151	»
Dépense pour un pied cube	»	26

Si les terres étaient naturellement préparées, la dépense de 58 francs pour battre et passer serait épargnée, et le pied cube de terre ne coûterait que 16 cent. En supposant que l'argile contienne

1. Toutes nos évaluations n'ont rien d'absolu; établies sur des données étrangères, elles sont très-au-dessous des prix de France, et ne sont données que comme des nombres nécessaires pour établir des rapports.

une certaine partie de sable, comme tout annonce que le sable ne gagne rien à être cuit, il deviendra économique de le séparer par le lavage (art. 151), aussitôt qu'elle en contiendra plus du quart de son volume : car le lavage d'un pouce cube de terre ne coûterait que 7 centimes et la présence d'un quart de sable causerait une perte analogue, sur les frais de 26 cent., dont un quart serait dépensé en pure perte; sauf le cas où le genre de cuisson adopté rendrait la présence du sable nécessaire (art. 153).

Observations. — Les pouzzolanes de natures aussi diverses que les substances dont on les tire, auront des prix et des propriétés aussi variées, qu'elles feront partager à tous les mélanges dans lesquels elles pourraient entrer; afin de s'y reconnaître, on établira leur prix, ce qu'elles contiennent de sable (art. 56); de base hydraulique et de base ordinaire (art. 58); on examinera particulièrement la nature de cette base ordinaire, qui peut être quartzeuse, calcaire, etc.; et, d'après le degré de calcination, offrir des élémens de résistances variables, depuis celle des terres friables jusqu'à celle des pierres les plus dures; ce qui doit être soigneusement noté, si l'on veut pouvoir apprécier l'effet de la présence de ces bases ordinaires sur les résistances à venir des cimens et des mortiers (art. 164).

CHAPITRE VIII.

Fabrication des cimens ou chaux hydrauliques factices.

155. L'on peut être conduit à transformer des chaux naturelles en chaux hydrauliques factices, dans plusieurs circonstances : 1° lorsque n'ayant que des chaux communes à sa disposition, on veut cependant faire de bons enduits, des maçonneries dans des lieux humides ou entièrement placés sous l'eau.

2° Quand avec des cimens naturels très-peu hydrauliques, l'on en veut obtenir de plus énergiques et tels qu'ils puissent résister au contact d'une eau courante.

3° Lorsque, ayant des cimens déjà hydrauliques, la nature du travail que l'on entreprend exige qu'ils le soient le plus possible et durcissent dans l'eau au bout de quelques heures.

Le chapitre III donne l'analyse des élémens, la chaux et la terre; le chapitre IV, les proportions respectives pour obtenir le ciment au degré voulu. L'article 46, le degré de feu pour le genre de cuisson employé, etc., etc.

On peut fabriquer ces cimens d'après trois principes différens, savoir : en les fabriquant à froid, par le mélange de la base hydraulique avec

la chaux; en les fabriquant à chaud: soit en mêlant de la terre crue avec de la pierre à chaux calcinée et réduite en pâte par l'extinction; soit en mettant de cette terre crue avec la pierre calcaire, réduite en poudre avant sa calcination.

En application, ces trois principes donnent lieu à l'emploi de diverses méthodes. Le choix à faire dans chaque localité et pour un grand nombre de cas particuliers, n'est pas indifférent; toutes ces méthodes peuvent, il est vrai, donner des cimens très-hydrauliques; cependant les fabrications à chaud font toujours développer aux élémens le plus de base hydraulique possible. Mais il y a tant de situations où l'économie doit être mise en première ligne, et l'emploi des cimens très-hydrauliques n'étant indispensable que dans un petit nombre de constructions, puisque les maçonneries hors de l'eau peuvent s'exécuter en cimens à 1/3 et à 1/4 etc.; il en résulte que toutes ces méthodes sont utiles, qu'elles peuvent, d'après un examen raisonné, être indistinctement préférées; que c'est au praticien à bien reconnaître les élémens, les combustibles, les moyens d'exécution que lui offre la localité, à bien voir la dépense qu'il veut faire; et s'il possède bien la composition des cimens et des mortiers (chap. IV), il ne lui restera plus qu'à choisir.

FABRICATION A FROID

DES CIMENS OU CHAUX HYDRAULIQUES FACTICES.

156. Pour fabriquer des cimens à froid, il suffit de mêler de la base hydraulique, des pouzzolanes, à de la chaux ou à des mortiers quelconques.

Si l'on doit opérer ce mélange sur le chantier, on peut le faire en même temps que la confection du mortier hydraulique.

On mêle premièrement, en pâte ou en poudre, la chaux éteinte et la base hydraulique, en proportions calculées pour obtenir un mortier voulu; ensuite on ajoute la quantité d'eau rigoureusement nécessaire pour qu'il ait la consistance désirée et lorsque l'amalgame est complet, on y ajoute les sables; en commençant, s'ils sont divisés, par les plus fins; et par les sables mêlés s'ils sont réunis; ensuite si l'on doit y joindre des graviers ou des pierres brisées, pour faire des betons, il ne faut les ajouter qu'en dernier lieu (art. 73).

Dans le cas où l'on voudrait livrer au commerce des cimens à froid, on pourrait les vendre en sac ou en tonneau, comme le plâtre, les uns contenant la chaux en poudre fine éteinte par le deuxième ou troisième procédé; et les autres la base hydraulique en poudre impalpable : alors on pourrait faire sur les travaux, le ciment aussi hydraulique qu'on voudrait, pour certains ouvrages, en

mettant d'autant plus de base hydraulique qu'on aurait besoin de plus de qualité.

Cependant comme le premier mélange des poudres, est toujours une opération qu'il est plus économique d'exécuter en grand, et qu'il peut être avantageux de le faire à l'avance, pour préparer des affinités ; on pourrait vendre des sacs de ciment à 1/4 à 1/3 à 1/2 etc., tout préparés, et qu'il suffirait de mêler avec de l'eau et du sable pour avoir les mortiers hydrauliques désirés.

Les fabricans de chaux, de mortiers et de cimens factices, devront faire connaître leur analyse avec la facture, pour qu'on sache positivement la quantité de sable, de base hydraulique en poids, et de base ordinaire en volume, qu'ils développent par l'extinction ordinaire (chap. III); afin que l'on puisse, sans aucune recherche, conclure à priori la quantité de sable à disposition qui pourrait leur être mêlée (chap. IX.)

FABRICATION A CHAUD

DES CIMENS OU CHAUX HYDRAULIQUES FACTICES PAR UNE DOUBLE CALCINATION.

157. L'on prend de préférence pour confectionner les cimens factices la chaux éteinte par le premier procédé d'extinction, comme étant le plus propre à sa division ; quant aux mortiers ou chaux naturelles qui fusent mal, on en facilitera

la division, en les éteignant d'abord par le second procédé (art. 131).

L'on doit toujours passer la chaux afin de la séparer des parties mal éteintes ou qui ne seraient pas cuites; et s'il y a lieu, on la broie (art. 140). Étant réduite en poudre fine ou en pâte, on mesure la chaux en volume au moyen de paniers ou de caisses préparées à cet effet, et telles que, pour l'extinction préférée, elles contiennent l'unité de chaux vive en poids. L'on y ajoute la terre argileuse (art. 150) : soit en la mesurant en poudre et en poids, soit en la mesurant en volume, en poussière ou en pâte, au moyen d'une caisse qui donnerait juste l'unité de terre en poids. Ayant réuni les proportions données par le calcul (art. 65), on mêle le tout ensemble, par tas de cinq ou six pieds de diamètre; on finit par laisser un vide au milieu, dans lequel on jette de l'eau, et l'on forme du tout une pâte que l'on broie avec des pelles, des rabots ou des pilons, ainsi que l'on agit ordinairement pour faire le mortier.

Lorsque cette pâte est bien mêlée, de deuxième ou troisième consistance, on la laisse quelques heures sur le sol, elle y devient plus solide; dès qu'elle est de quatrième consistance, on la prend à la pelle, et après l'avoir mélangée de nouveau, on la jette dans des civières divisées en compartimens qui servent de moules, pour réduire cette

chaux en petits prismes qu'on laisse sécher d'abord à l'ombre, mais que l'on peut ensuite exposer au soleil.

Lorsque ces prismes sont parfaitement séchés, on les porte au four, pour les faire cuire au-dessus des pierres calcaires. Dans de grands ateliers cette manœuvre serait un peu longue, et l'on pourrait la remplacer par celle-ci.

158. On creuserait en terre une fosse de un ou deux pieds de profondeur, dont on garnirait les bords et le fond de terre glaise et de planches, afin de la rendre étanche. Pour faire un mélange de chaux avec un sixième de terre, on jetterait successivement dans cette fosse, des couches de chaux horizontales de cinq pouces de haut, par exemple, sur un pouce d'épaisseur de terre; ensuite on jetterait de l'eau en quantité suffisante sur ces couches, superposées de chaux et de terre, que l'on pourrait laisser macérer aussi long-temps qu'on le jugerait convenable; ce qui peut être très-favorable aux chaux éteintes par les deuxième et troisième procédés. Quand on en aurait besoin, on pourrait prendre à la pelle ces diverses couches dans toute leur épaisseur, et les porter dans la machine à mêler (art. 144).

On moulerait la pâte en forme de briques, ainsi que je l'ai vu pratiquer en Angleterre. Un enfant apporte la terre, une femme la divise en blocs,

un homme moule, un second place les briques sur une brouette, composée d'un seul treillis en bois, formant un plan horizontal à hauteur d'appui, de quatre pieds de long sur trois de large. Le plan couvert de briques, il les emporte à distance, et les place de champ sur un seul rang de trois à quatre briques de profil. Dès qu'elles ont pris un peu de consistance, il charge dessus un nouveau rang, etc., etc. S'il vient de la pluie, ce mur de briques, posé sur une partie élevée du sol, est recouvert de paillassons. L'atelier en fait huit mille par jour. Ces briques pourraient être cuites dans le haut des fours à bois, ou en fragmens dans les fours à houille (art. 124).

DE LA CUISSON ORDINAIRE

DES CIMENS OU CHAUX HYDRAULIQUES FACTICES.

159. On commence toujours par faire une ou deux fournées complètes de chaux naturelle (article 119) qu'on fait éteindre par le premier ou le troisième procédé, ensuite on fait des amalgames pour plusieurs fournées (art. 157); lorsqu'on a cette avance, et que les pains bien séchés peuvent être mis au four (fig. 1), on commence par former la voûte *bb*, avec des pierres à chaux ordinaire, ainsi qu'il est indiqué (art. 110), et lorsqu'elle est à peu près arasée de nouveau, on

achève de charger le four avec des prismes ou des briques de chaux hydrauliques.

L'on fait la voûte du four en pierre à chaux, pour qu'elle soit plus solide et pour obtenir, à chaque fournée, la chaux naturelle nécessaire pour faire une nouvelle fournée de chaux factice.

Ainsi en supposant que l'on mêle à cinq de chaux, foisonnant au triple, trois de terre en poids, ou, ce qui revient au même, à cinq de chaux éteinte, un de terre en volume; si le four contient 1200 pieds cubes, il faudra que la voûte soit formée de 261 pieds cubes de pierre à chaux, et l'on pourra faire par fournées 939 pieds cubes de ciment factice.

160. En prenant pour base des calculs les mêmes données qu'à l'article 119, on dépensera pour une fournée de 939 pieds cubes de ciment factice, savoir :

Fourniture de 261 pieds cubes de pierre à chaux à 50 cent..	13 fr.	05 c.
Pour 156 pieds cubes de terre à briques supposée pure à 7 c.	10	92
Façon de 939 pieds cubes de ciment factice à 20 centimes. . .	187	80
Fourniture de 1500 pieds cubes de bois de sapin à 20 cent.	300	»
Charge et décharge du four, entretien du feu, etc., le temps de la cuisson comptant double; 50 journées à 2 francs. . .	100	»
Entretien du four et faux frais.	40	»
Prix d'une fournée de 939 pieds cubes de ciment factice. . .	651	77

Ce qui fait revenir le pied cube de ciment factice à 69 centimes, tandis que la chaux vive naturelle n'en coûte que 50 (art. 119).

Par ce procédé le ciment factice coûte donc un

tiers de plus que la chaux vive naturelle ; en répétant les calculs dans l'hypothèse où l'on mêlerait deux et trois fois plus de terre en volume à la chaux éteinte, on trouve que le pied cube ne coûterait que 68 à 64 centimes.

Comme il faut peu de feu pour cuire les cimens factices, puisqu'il suffit de les tenir quelque temps au rouge (art. 45), on pourrait les placer dans le four au-dessus de la fournée complète de pierre à chaux, et éviter ainsi la dépense entière du combustible.

La difficulté que présente la dessiccation des prismes de cimens factices, surtout dans la mauvaise saison, les dépenses qu'exige le chargement dans les fours, l'emploi de beaucoup de feu, et la lenteur des opérations, ont conduit à la recherche de fabrications plus économiques, en temps, en main-d'œuvre et en combustible.

Cette fabrication nouvelle de la chaux hydraulique factice est une conséquence des diverses expériences que nous avons faites, et qui nous ont appris : 1° qu'il fallait que le mélange de terre et de chaux fût bien séché, pour développer en cuisant toute sa base hydraulique (art. 45) ; 2° qu'il suffit de torréfier ces mélanges en parcelles bien aérées pendant quelque temps sur une plaque rouge. Double condition qui ne peut être bien remplie en mettant la pâte en prismes. C'est pourquoi l'on doit

chercher à accélérer la dessiccation par la division immédiate des pâtes en parcelles, et si l'on était bien pressé, on pourrait encore en rapprocher le terme, en employant la chaux active (art. 21).

FABRICATION A CHAUD,

RAPIDE ET ÉCONOMIQUE, DES CIMENS FACTICES, PAR CUISSON ET TORRÉFACTION.

161. La chaux commune sera passée, mouillée et mélangée avec la terre, ainsi qu'il a été expliqué art. 156 et suivant. Les différences de manutention de la méthode rapide ne commencent à avoir lieu que quand le mélange de la pâte est parfait, et lorsqu'on doit la mettre en prismes.

Au lieu de mouler en briques la pâte de ciment factice, on la divisera autant que possible, en la jetant à la pelle sur une aire unie et dressée pour cet usage; en hiver et dans les temps de pluie, sous un hangar; en plein air et au soleil dans les beaux jours.

On pourrait, pour la répandre, se servir d'une brouette qui n'aurait pas de planches à l'arrière, et qui laisserait le mélange s'écouler sur l'aire, à mesure que l'on avancerait.

Ainsi dispersée, on comprimerait la pâte en faisant passer dessus un cylindre en bois ou en fer fondu, semblable à ceux qui servent à briser les masses de

terre dans l'agriculture, ou à comprimer les sables des jardins, afin de les réduire à un demi-pouce d'épaisseur et au-dessous.

Le mélange ainsi étendu, en contact d'une part avec l'air, et de l'autre avec la terre qui absorberait une partie de son eau, il serait bientôt desséché ; il suffirait de quelques heures en été et d'une demi-journée en hiver. Il éprouverait un retrait, se fendillerait dans tous les sens, et se détacherait du sol; alors, avec une espèce de râteau, formé avec une planche et un manche, on réunirait tous les débris en les brisant; on pourrait de suite les porter au four.

162. Dans des instans de hâte, on devrait faire le mélange de chaux et d'argile de telle façon, qu'il fût sec instantanément. Il faudrait pour cela employer les chaux actives, broyer et opérer le mélange avec célérité; n'ayant mis sur la chaux que la quantité d'eau nécessaire pour que, étant refroidi, le fluide soit entièrement absorbé. L'on pourrait presque sur-le-champ la porter au four, et procéder à la cuisson, en la plaçant dans les trémies des fours à torréfier (art. 127).

L'on peut employer le four à torréfier (art. 129), par exemple, ou bien encore préférer le four à reverbère (fig. 9, art. 127); dans ce cas, le ciment bien séché serait jeté à la pelle sur la sole *a b*, toute la surface en serait couverte; il resterait

dans le four un quart d'heure à une demi-heure (art. 46) ou plus encore, selon la grosseur des élémens, la nature du mélange, celle du combustible, et le degré d'intensité du feu, on agiterait plusieurs fois avec un râteau, après quoi on le retirerait pour le remplacer par d'autres.

On reconnaîtra toujours le degré de cuisson nécessaire en faisant des essais (art. 51). Une fois jugé, on pourra souvent estimer la cuisson des fournées suivantes par la couleur (art. 46).

Cette méthode a beaucoup d'avantages sur la première : elle exige moins de main-d'œuvre, moins d'emplacement; elle économise le combustible, et rend sur-le-champ les produits qu'on attend. L'on peut, du jour au lendemain, avoir des cimens factices, tandis que la première méthode n'en peut donner qu'autant qu'on s'y est préparé quinze jours et un mois d'avance.

Les recherches de l'article 44 ayant indiqué que les cimens factices avaient besoin de peu de chaleur, d'être soumis à un courant d'air, mais surtout d'être éloignés du contact du combustible, pour donner de bons produits; et qu'en petits élémens, un quart d'heure de feu au rouge suffisait pour les cuirs, les différens fours à torréfier (art. 158 et suivans) ont été composés pour remplir ces conditions. Ils sont plus économiques qu'aucun autre, mais je n'en suis pas encore satisfait, n'ayant pas

eu le temps suffisant pour les bien éprouver et pour les perfectionner.

Ils pourraient être plus portatifs, plus économes de la chaleur, mieux combinés; car dans les fours décrits art. 129 et 130, on est obligé de calciner les cimens par couches minces, et, pour avoir du tirage, de descendre les tuyaux d'appel.

Pour éviter cette double perte de calorique, on pourrait adapter à ces fours un appareil de ventilation analogue à celui employé par M. le baron Champy pour sécher les poudres à canon par l'air chaud.

Il faudrait pour cela établir dans le conduit à air du foyer un ventilateur qu'on ferait mouvoir à volonté; l'air pressé passerait à travers la grille du foyer, et, après avoir opéré la combustion, il tendrait à faire pénétrer la chaleur dégagée à travers toutes les masses de chaux hydrauliques, qui pourraient s'opposer à sa sortie du laboratoire.

Ainsi, l'on pourrait faire les cheminées *a*, *b*, des fourneaux fig. 12 et 14, beaucoup plus élevées; et si l'on faisait les plaques du four fig. 15 en tôle percée de trous, et que, par une disposition particulière, l'air chauffé au rouge ne pût s'introduire qu'entre elles, que, pour s'échapper par la cheminée, il fût obligé de se faire jour à travers les trous des plaques et des masses à torréfier qui pourraient les couvrir, on conçoit que, quelle que fût leur

épaisseur, elles seraient nécessairement calcinées, et, jusqu'à la moindre parcelle, mises en contact avec le feu, ce qui n'arrive pas sur des plaques unies, lorsque l'air chaud ne fait que glisser sur la couche de chaux factices à torréfier, comme on le conçoit dans les fourneaux décrits art. 127.

Dans cette supposition, les plaques percées ne pourraient pas être saccadées (art. 130), autrement les poudres passeraient au travers; on pourrait les faire inclinées mais fixes; et comme la tôle ou la fonte serait susceptible de se détériorer promptement, on emploierait de préférence des briques percées de trous, comme on en fait en Angleterre pour les séchoirs de brasseries.

Alors le four à ventilateur serait un four à réverbère, à sole et à dessus incliné, percé de trous, que l'on couvrirait de trois à quatre pouces de poudre et débris à torréfier; le feu serait précipité entre deux par l'effet du ventilateur, et tendrait à sortir, en traversant ces deux couches l'une en dessus et l'autre en dessous, pour s'échapper encore à travers les masses qui s'échaufferaient dans le tuyau de la cheminée.

L'on ferait avancer les substances sur les plans de torréfaction, au moyen d'un râteau en fer, composé de quatre à cinq bandes de tôle perpendiculaires au manche, et qui, s'appuyant successivement sur la sole ou le dessus, en ferait avancer toutes

les parties symétriquement. La portion la plus voisine du foyer serait précipitée dans le conduit à air, par des ouvertures qui s'ouvriraient près du foyer pour cet effet; et la chaleur dégagée pendant leur refroidissement augmenterait la température de l'air, que le ventilateur pousserait sur le foyer.

Lorsque j'étais chargé des travaux maritimes des ports de la mer Noire, je trouvai dans l'amirauté de grandes plaques percées de trous, qui me parurent propres à l'exécution d'un de ces fours à torréfier; obligé de revenir à Saint-Pétersbourg, j'ai perdu l'occasion d'en faire l'épreuve; ainsi je le livre sans garantie aux praticiens pour qui les recherches des dispositions économiques seraient une nécessité.

DÉTAILS ESTIMATIFS

DES CIMENS FACTICES FABRIQUÉS D'APRÈS LA NOUVELLE MÉTHODE.

163. La chaux calcinée dans les fours ordinaires, achetée en pierre et à l'état de chaux vive, reviendra à 0,50 centimes le pied cube (art. 119).

On supposera, comme à l'article 158, qu'éteinte et réduite en pâte, cette chaux naturelle foisonne et rend trois pour un.

Les caisses *o* du four (art. 129) contiendront, je suppose, 12 pieds cubes de chaux; en établissant que l'on en cuise une toutes les demi-heures, ce fourneau cuira toutes les 24 heures environ 580

pieds cubes de cimens factices, c'est-à-dire plus de la moitié de ce que contient le four (art. 119); un fourneau dont la grille a un ou deux pieds carrés de surface brûlera au plus 75 pieds cubes de bois dans les vingt-quatre heures.

La main-d'œuvre pour l'amalgame des chaux communes avec la terre, sera la même dans les deux fabrications; mais n'étant plus obligé de les mettre en prismes dans la nouvelle, et de les changer de place pour les faire parfaitement sécher, de charger méthodiquement le four, cette main-d'œuvre en sera au moins diminuée de moitié.

En conséquence, en prenant pour base des calculs les mêmes données qu'à l'article 119, on dépensera, par la nouvelle méthode, pour 580 pieds cubes de cimens factices, formés de un de terre sur cinq de chaux éteinte, en volume;

Savoir :

Fourniture de 161 pieds cubes de chaux vive, à 50 centimes.	80 fr.	60 c.
Pour 97 pieds cubes de terre à briques à 7 centimes.	6	79
Pour la façon de 580 pieds cubes de cimens factices à 10 c.	58	
Fourniture de 75 pieds cubes de bois à 20 centimes.	15	
Charge et décharge du four, entretien du feu (le temps de la cuisson comptant double) 14 journées à 2 francs. . . .	28	
Pour faux frais, entretien du four, etc.	10	
Prix de 580 pieds cubes de cimens factices.	198	29

Ce qui fait revenir le pied cube à 34 centimes, c'est-à-dire moitié moins cher que par la première fabrication (art. 160); et cependant les produits,

si l'on en juge par les expériences (art. 46), seront infiniment supérieurs.

En ne comptant que les frais de main-d'œuvre, on trouve que le ciment factice ne revient qu'à 19 centimes, quelles que soient les variations de prix et proportions de la terre et de la chaux.

Par cette méthode, ainsi que par la première (art. 157), plus le ciment est hydraulique, moins il est coûteux; ce qui ne préjuge rien pour le prix des mortiers, attendu que souvent les cimens très-hydrauliques supportent moins de sable que d'autres, et qu'ils foisonnent toujours beaucoup moins. Il ne faut donc pas perdre de vue que ce ciment vif coûte effectivement moins que le même volume de chaux; mais la chaux, par l'extinction, donne trois fois et demie son volume primitif, tandis que le ciment ne donne qu'une à deux; en conséquence, la chaux fournira plus de parties enveloppantes, et par suite plus d'économie que les cimens, mais elle n'en a pas les qualités.

DE LA TRANSFORMATION DIRECTE

DE LA PIERRE CALCAIRE EN CIMENS OU CHAUX HYDRAULIQUE FACTICE, PAR UNE SEULE CALCINATION.

164. L'expérience ayant démontré que les terres argileuses, mises en pâte avec la chaux et cuites ensemble, développent plus de base hydraulique que lorsque le mélange se fait à froid, après les

cuissons séparées ; pour éviter cette double cuisson de la chaux, on peut, en certains cas, amalgamer directement la pierre calcaire avec la terre, et obtenir le ciment factice à chaud, par une seule calcination.

On conçoit facilement que si la pierre se trouve à l'état de sable, ou que l'on puisse à peu de frais la réduire en poudre, rien ne serait plus simple que d'y ajouter de la terre argileuse en poudre, et de torréfier ensemble la pierre et la terre ; on aurait nécessairement pour produit la transformation directe de la pierre calcaire en ciment factice.

Nous devons prévenir que, dans cette hypothèse, le résultat ne serait pas essentiellement différent de celui qu'on aurait obtenu si l'on eût torréfié séparément les deux composans, attendu que le contact de la chaux et de la terre ne serait pas assez immédiat pour que le feu développât les affinités réciproques.

En conséquence, il serait tout aussi avantageux et tout aussi économique de faire cuire la chaux et la base hydraulique à part, sauf ensuite à les mêler ensemble au moment de les employer (article 156).

La transformation directe des pierres à chaux en cimens factices ne peut présenter tous les avantages qu'on retire d'une transformation par le feu,

qu'autant que la chaux à l'état de pierre est susceptible, comme les craies, les tufs, de se réduire en poudre à sec, et en bouillie avec de l'eau ; alors il devient avantageux de broyer ensemble la pierre et la terre, et d'en former une pâte de deuxième à troisième consistance, que l'on peut alors traiter par l'une ou l'autre des fabrications de chaux hydrauliques factices (art. 157 et suiv.).

Pour fabriquer en grand, on pourrait avoir une machine à broyer (art. 143), dans laquelle on réduirait en poudre ou en pâte la craie ou le calcaire friable ; on y ajouterait ensuite l'argile depuis long-temps macérée, avec beaucoup d'eau, pour en faire une bouillie qu'on laisserait écouler par le conduit 12 et 13 ; mais au lieu d'avoir un seul réservoir, on pourrait en avoir une suite, disposée comme il est décrit (art. 151) pour laver les terres. Alors c'est dans ces réservoirs que l'on prendrait les dépôts pour les mouler ou les jeter sur le sol, et les traiter pour la dessiccation, ainsi qu'il est dit art. 158 et 161.

La cuisson des élémens obtenus doit s'opérer d'une manière analogue à celle des chaux naturelles, selon le combustible préféré (chap. VI).

Nous désignons aux industriels ce moyen de fabrication de la chaux et des cimens factices, comme le plus économique, par la double raison qu'on évite la première cuisson de la pierre cal-

caire, puisqu'elle s'opère en torréfiant le ciment factice, et que cette cuisson de la pierre par les fours à torréfier est bien moins coûteuse que par les fours ordinaires; malheureusement, la nature offre peu de pierre calcaire en grains, susceptible d'être facilement réduite en poudre, ou d'être mise en pâte, à peu de frais, avec de l'eau; il devient donc intéressant d'en rechercher l'application dans les diverses localités, en calculant ce que l'on pourrait gagner à broyer les calcaires, par la machine à broyer, pour économiser le combustible, et cette recherche est de première utilité, là où ce combustible est coûteux.

OBSERVATIONS IMPORTANTES.

Ces différentes méthodes de fabrication peuvent donner toutes des cimens également hydrauliques; on s'en assurera en les mettant à l'épreuve (art. 51). S'ils contiennent très-peu de base ordinaire, la table (art. 63) donnera leur propriété, le tableau général (art. 72), celui des mortiers; mais généralement ces cimens contiendront beaucoup de base ordinaire, et souvent à l'état de sable. On en constatera la présence par l'art. 56, et, de même que pour les pouzzolanes, on en recherchera la nature (art. 54); elle pourrait être quartzeuse, calcaire, etc., et de plus se composer d'élémens terreux réunis, différemment consolidés par le feu en grains artificiels plus ou moins friables. Aussi, les cimens et les mortiers également hydrauliques, qu'ils fournissent avec les sablss quartzeux, bien que, prenant dans l'eau en même temps, pourraient-ils avoir des résistances à venir variables qui en seraient dépendantes (art. 28); en conséquence, on devra modifier, d'après la nature de ces bases ordinaires, les nombres qui expriment les résistances dans les tables citées, et qui n'ont rapport qu'aux cimens et mortiers hydrauliques bien faits, mêlés à des parties enveloppées entièrement siliceuses.

CHAPITRE IX.

MÉTHODE D'APPLICATION.

Les industriels qui auront bien compris ce qui a été dit dans les chapitres précédens, seront sans doute en état, d'en conclure une méthode d'application; c'est-à-dire de fixer par le raisonnement l'ordre des reconnaissances, des expériences et des combinaisons qui doivent les conduire à tirer parti des minéraux et de moyens de manipulation qui les entourent; pour confectionner, suivant l'emploi prévu, les mortiers les meilleurs et les plus économiques.

Or, ce traité sur les mortiers peut intéresser, non-seulement les industriels, les constructeurs, mais encore les personnes qui veulent le devenir, ou qui s'occupent même indirectement de travaux; depuis les administrateurs qui érigent des monumens publics, les particuliers qui font bâtir, jusqu'aux propriétaires, qui ne veulent qu'entretenir.

Mais pour féconder l'industrie, il ne suffit pas de publier les procédés utiles, il faut encore montrer comment ils peuvent l'être, jusqu'à quel point; et surtout indiquer aux personnes qui doivent les mettre en pratique tous les avantages que leur

bon sens et leurs capacités industrielles ne peuvent manquer d'en retirer.

D'ailleurs la manière dont nous avons envisagé la question, n'ayant rien de commun avec ce qui en a été publié jusqu'à présent, et chaque personne devant la considérer selon sa position dans des points de vue différens; nous allons successivement nous placer dans les diverses situations de l'observateur, et tracer en détail la marche qu'il doit suivre dans toutes les hypothèses, pour retirer, sans perte de temps ni hésitation, le plus d'utilité possible de notre traité.

Nous supposerons que d'ailleurs le lecteur est d'accord avec nous sur plusieurs propositions qui ne sont pas assez généralement senties, et qui nous paraissent démontrées par ce qui précède.

On ne peut révoquer en doute qu'il y ait utilité, pour toutes les personnes qui construisent, de s'intéresser à la bonne confection des mortiers. Il est absurde de bâtir en bons matériaux, et de les mal lier, de faire porter des édifices sur des fondations douteuses, de les couvrir d'enduits qui s'altèrent toutes les années. On doit accorder qu'aujourd'hui, les principes qui doivent présider à la composition des mortiers sont assez bien liés pour en composer la science, et que les procédés de fabrication sont assez bien éprouvés pour devenir l'objet d'un métier particulier; métier qui peut être appris

par tout le monde, et qui ne demande pour rendre d'utiles produits, et prendre place parmi tous les arts de fabrication, que la formation d'ouvriers assez exercés pour donner des résultats parfaits.

Que par une bonne fabrication on peut faire, partout où il y a de la terre, de la base hydraulique; que par une bonne composition, partout où l'on a de la base hydraulique et de la chaux, on peut créer le meilleur ciment; enfin que si l'on a du ciment et du sable, on peut en tout lieu fabriquer le meilleur mortier: c'est-à-dire cette composition constante de 1/2 de base et de 1/2 de chaux en poids, dont le minimum qui puisse être mêlé au sable, est égal au volume de ses vides.

Mais aussi on ne peut nier qu'il en coûtera des études, des soins, de la peine; que pour bien fabriquer il faut, des machines à passer, à broyer, à mêler, des fours, des locaux, des ouvriers habitués aux bonnes manipulations, toutes choses exigeant un capital industriel; qui demande, pour donner des produits économiques, en rendant tout ce qu'il peut rapporter, que la fabrique soit toujours en activité. En conséquence on doit concevoir avec nous, qu'il peut être aujourd'hui utile et profitable d'élever des fabriques de cimens factices, de base hydraulique, de sable; qu'il serait avantageux, non-seulement de former des ouvriers pour la manipulation, mais encore d'en dresser

pour le bon emploi des cimens et des mortiers hydrauliques, soit à l'eau soit à l'air. Dans plusieurs pays, et notamment en Russie, où l'entretien des enduits, soit intérieurs, soit extérieurs, importe essentiellement à la salubrité et à la conservation de la chaleur des maisons ; les ouvriers qui font les enduits sont une classe à part, dont les talens sont mis bien au-dessus de celui du simple maçon ; on les décore du nom de stucateur, bien que beaucoup d'entre eux n'aient jamais fait que des enduits extérieurs ; aussi est-il peu de grandes villes en Europe, où l'on exécute mieux les enduits qu'à Pétersbourg et à Moscou.

Il est bien clair que les petites fabrications seront plus coûteuses que les grandes, et donneront souvent des produits moins parfaits ; mais ces produits seront toujours infiniment préférables à ceux obtenus jusqu'à présent, et le praticien dont les moyens de manipulation ne seront pas puissans, aura au moins la conscience d'en avoir corrigé l'influence par celle de la composition, et d'avoir créé avec les matériaux et les moyens dont il dispose, les résultats les plus parfaits.

POUR LES INDUSTRIELS EXPLORATEURS.

165. Commençons par nous placer dans la situation d'un industriel qui voudrait être utile au pu-

blic ou établir pour son compte une fabrique de cimens, dans une contrée dont les matériaux lui seraient inconnus.

En cherchant, il aurait pour but, ou d'instruire, ou de trouver, parmi tous les minéraux environnans: de la chaux, de la base hydraulique, des sables, et, par suite; les cimens et les mortiers, les meilleurs et les plus économiques : soit pour les livrer au commerce, soit pour être employés dans les constructions, soit enfin pour éclairer les praticiens.

Il établira en principe, qu'il est toujours bon de noter, quelles peuvent être les habitudes, les préférences locales, relativement à tous les matériaux qui servent à construire, non pas pour s'y arrêter; quelque force, quelque notoriété que puissent avoir la voix publique ou les opinions particulières, soit des anciens, soit des modernes; elles ne peuvent servir à l'observateur qui veut trouver la vérité, que comme des jalons, auxquels il pourra s'arrêter, s'il y est ramené par son expérience particulière, mais que la première dissidence doit renverser.

Ensuite, il ne s'en rapportera à personne sur la possibilité qu'il y ait en tel lieu telle ou telle carrière; il explorera celles existantes et tout le pays pas à pas, se guidant d'après son bon sens et ses connaissances, en faisant une ample récolte de pierres calcaires, de sables et de terres. Chaque élément sera étiqueté avec une note, sur ce que

les probabilités présenteront de difficultés d'extraction, sur l'homogénéité de la mine, et sa distance aux lieux principaux, où pourrait en être faits la manipulation et l'emploi, etc., etc.

Sans cette première indépendance des préjugés locaux, il serait difficile de faire quelque découverte utile; et c'est pour nous en être méfié que partout où nous avons établi des ateliers de construction, nous avons fait des découvertes inattendues: soit de bonnes chaux hydrauliques, quand on la disait très-mauvaise; soit de sables, de terres et de pierres propres à bâtir, sur les lieux mêmes où devaient se faire les constructions, tandis que de temps immémorial on allait en chercher au loin.

Par ce premier aperçu, on doit demeurer convaincu que c'est un assez grand travail que celui d'explorer et d'analyser tous les matériaux qui peuvent entrer dans la composition des mortiers, ne fût-ce que dans une seule contrée. Il faut être conduit par l'intérêt particulier, ou avoir un désir bien prononcé d'être utile, pour trouver la somme de persévérance qu'on doit y dépenser.

Les premiers essais que nous avons faits, nous ont considérablement coûté; mais en suivant un certain ordre, une marche réglée, l'on peut, dès qu'on en a l'habitude, en faire un très-grand nombre en peu de temps; si bien que, même en

voyage, nous faisons sur les lieux l'analyse des matériaux rassemblés. Il est vrai qu'il faut manipuler très en petit ; ce qui n'en donne pas moins des résultats satisfaisans pour des reconnaissances préliminaires, dont le but est de distinguer au milieu d'une foule de matériaux, ceux qui peuvent donner, avec le moins de dépense, les meilleurs produits. Les analyses en miniature sont généralement plus parfaites que celles en grand ; l'on peut mieux broyer, mieux malaxer, observer plus scrupuleusement ; ce qui n'empêche pas, dès qu'on a fait un choix, d'en appeler en dernier ressort à l'expérience en grand, pour composer et agir avec pleine et entière sécurité.

Persuadé que les facilités données pour l'exécution, sont un des meilleurs moyens d'encourager les applications des arts, nous allons décrire ceux que nous avons adoptés.

FABRICATION EN PETIT

POUR FACILITER LES RECONNAISSANCES PRÉLIMINAIRES.

166. *Pour cuire et torréfier.* Dans les villes, on doit se procurer un petit fourneau d'essayeur, autrement on peut en construire un équivalent sur tous les fourneaux de cuisine un peu stables, composés d'une grille assez forte et d'un cendrier qui permet à l'air d'avoir un libre accès en dessous.

Il faut réunir quelques briques et du mortier

de terre glaise ; pour maçonner sur le plan du fourneau, une petite tour de six pouces de haut sur un pied en carré de base [1]. On placera sur le sommet de la tour, d'un mur à l'autre et en son milieu, une tuile plate ou creuse, qui fermera le tiers de l'ouverture ; c'est sur cette tuile, en face de laquelle on laissera une petite porte de service, que seront posés les matériaux à calciner.

La tuile placée, on élèvera la tour de nouveau, en posant à trois ou quatre pouces au-dessus une autre tuile moins large, pour lui servir de chaperon; enfin on terminera en couronnant le tout, par un tuyau de poêle, et l'on aura un fourneau à air.

Après avoir placé la pierre en éclat, de un à deux pouces cubes, sur la tuile, par la petite porte de service que l'on ferme avec un tampon de terre glaise; on jettera par le haut de la cheminée du charbon dans le four, de manière à en remplir toute la capacité : dès qu'il sera bien allumé, il s'établira de bas en haut un courant d'air, qui exercera un assez grand tirage pour qu'il soit inutile de souffler.

Tout le service de ce four consiste à remplacer le charbon à mesure qu'il se consume, pour que la pierre calcaire au bout de quelques heures soit

1. Si l'on brûle du charbon de terre, la tour peut être moins élevée, et souvent même un seul tube en tôle placé sur le fourneau ordinaire suffirait pour opérer.

entièrement calcinée ; on en retire de temps à autre des fragmens pour en faire l'essai (art. 113).

Tandis que les pierres sont dans le four à calciner, on peut poser sur le sommet une plaque de tôle de quelques pouces carrés, dont les bords sont relevés de deux ou trois lignes, de manière à en faire une sorte de coffret. C'est sur cette plaque qui est constamment rouge, que l'on place les terres et les cimens à torréfier (art. 46).

En course il faut emporter le coffret avec soi, ou se servir de tout ce qu'on rencontre, un chaudron, une pelle à feu par exemple, on la fait rougir au feu de la forge du maréchal du lieu, tandis que l'on calcine la pierre à chaux dans le foyer. Si elle est réduite en poudre, on peut en accélérer la calcination, en la cuisant dans un pot de fer.

Pendant la durée de cette opération, susceptible d'être abandonnée à tout le monde, et tout en la surveillant, on fera l'analyse mécanique du sable.

Pour laver. En voyage, on se contente de séparer les sables égaux des terres par le lavage (art. 57), opération qui peut se faire avec tous les vases possibles et de l'eau, on décante, on fait sécher.

Pour passer. Lorsqu'on veut faire une analyse plus complète, il faut avoir quatre petites passoires, à trous qui laisseraient passer des grains d'un sixième de ligne, d'une demi, de deux et de cinq lignes de diamètre (art. 33). Si l'on n'a pas de toile métal-

lique, on peut les établir en fer-blanc, elles serviront à diviser les sables mêlés en grains plus égaux, dont l'article 35 donne les vides.

Pour comparer en volume. Lorsqu'on veut mesurer les vides des sables mêlés, on choisit deux vases; l'un étant d'une grandeur quelconque, l'autre étant d'une capacité dix à vingt fois moindre; on s'assure du rapport immédiatement en remplissant le premier avec le second; le petit vase peut encore être mesuré par un vase plus petit. Pour opérer plus rapidement, on peut avoir un tube en verre, d'un pouce de diamètre sur quatre à six pouces de haut; un verre à quinquet, par exemple, auquel on met un fond, et que l'on divise comme un pied-de-roi dans toute sa hauteur. C'est ce tube qui sert d'unité de volume; on peut par les divisions en estimer sur-le-champ les fractions.

On commence par placer le sable mêlé, dont on veut mesurer les vides, dans le grand vase; on arase avec une règle, et l'on place le vase bien horizontalement; ensuite on verse de l'eau avec le petit vase, jusqu'à ce qu'elle arrive à fleur du grand. Si, pour remplir le grand vase lorsqu'il est vide, il faut quinze fois le volume du petit, et que le sable s'y trouvant, on puisse le remplir avec cinq, il est clair que le sable considéré sera au tiers de vide (art 32).

Pour peser. Lorsque les pierres à chaux sont calcinées, il faut avoir pour les soumettre à l'épreuve (art. 47) une balance et des poids. On pèse un morceau de pierre calcinée, on le met dans un verre, dont le poids est connu ; après avoir jeté de l'eau par-dessus ce qu'il en faut pour l'éteindre ; on laisse fuser, déposer, et s'il y a lieu l'on décante ; on pèse et l'on estime le poids de l'eau absorbée (art. 47). Il faut opérer ainsi sur tous les échantillons de pierres diverses, et répéter les expériences pour avoir pleine sécurité, l'eau étant d'ailleurs à la température moyenne.

Ces pierres calcinées peuvent mettre des temps inégaux pour fuser, on en trouve qui fusent mal et même qui ne fusent pas ; il faut tout observer, tout noter. On estime toujours le poids de l'eau absorbée dans tous les cas. Lorsque des pierres se divisent mal, on peut aider à la fusion en les éteignant d'abord par immersion ; il suffit pour cela de les plonger dans l'eau quelques secondes ; lorsqu'elles sont tombées en débris, en poudre, on achève l'extinction par le premier procédé ; enfin on finit par soumettre à l'opération suivante les pierres qui, résistant à l'effet des deux premiers procédés d'extinction, ne se sont pas parfaitement dissoutes dans l'eau.

Pour broyer. Il faut avoir un mortier et son pilon, avec lequel on peut tout réduire en poudre.

En campagne on se contente de broyer au marteau ou à la masse sur une pierre plate ; on renferme les minéraux dans un chiffon de linge, on bat sur le tout en évitant ainsi la dispersion des parties.

Ayant ainsi broyé les parties de chaux restées à l'état de sable ou de pierre, sans en rien distraire, on les remettra dans leurs verres respectifs, afin d'estimer la nouvelle quantité d'eau qu'elles pourront absorber, de juger ce que cette opération aura fait gagner de parties enveloppantes, et par suite, si les frais de trituration seront gagnés.

Pour immerger. Comme nous avions plusieurs milliers d'essais à immerger, nous avons fait faire des tiroirs, cloués calfatés, et qui tenaient bien l'eau, ils avaient quelques pieds de long et deux pouces de hauteur de bord ; ils glissaient dans des rainures, placés les uns au-dessus des autres, presqu'en se touchant et formant une sorte de meuble, dont les tiroirs se tiraient à volonté, à droite ou à gauche, pour faciliter l'examen. Cet appareil n'est d'ailleurs pas indispensable : à la ville comme en voyage, tous les vases un peu plats, susceptibles de contenir de l'eau, peuvent convenir.

Pour malaxer. Pour soumettre les pierres calcinées à la deuxième épreuve (art. 51), il faut les mêler avec de l'eau et les réduire en pâte de troisième consistance. En débutant, la chaux absorbe promptement toute l'eau qu'on lui donne, mais

près d'en être saturée, il n'en faut qu'une très-petite quantité pour changer de beaucoup sa consistance, ce qui oblige à quelque attention pour ne pas mettre d'eau en excès. Si la pierre se dissout mal, il en sera fait un second essai; on emploiera pour l'éteindre, ainsi qu'il a été dit précédemment, les deux premiers procédés; enfin, si elle ne fuse pas encore complètement, on doit en faire un troisième essai. Pour cela, on commence par broyer la chaux vive en poudre avec le pilon, puis on la place en petits tas sur une planche ou sur une table de bois. L'on y ajoute de l'eau, et à mesure qu'elle s'éteint on mêle avec un couteau ordinaire, dont la lame est large et forte, on s'en sert pour écraser la poudre et bien malaxer la pâte; si elle n'était pas justement à la consistance voulue, on ajouterait un peu d'eau ou un peu de chaux en poudre; mais il est essentiel de tomber juste.

Pour mouler les essais. Les pâtes d'essais ainsi préparées doivent être placées sous l'eau pour satisfaire à la seconde épreuve (art. 51); on pourrait bien en masse, jeter les pâtes isolément dans l'eau; mais en petit, on risquerait de les voir se confondre entre elles, ou se dissoudre par l'action de l'eau; si on leur avait donné quelque forme, les molécules des bords pourraient tomber par leur poids, et de proche en proche se désagréger : ceci a lieu même pour des cimens au 2/5, parce que l'action de la gravité

et la propriété dissolvante de l'eau l'emporte sur l'affinité : cependant les parties qui étaient en porte-à-faux eussent été inattaquables quelques instans après l'immersion, si l'action de la gravité qui a servi à désunir avait pu servir à conserver.

On n'éprouve pas cet inconvénient en immergeant les pâtes après les avoir placées dans des vases particuliers, des pots, des verres par exemple. On peut même verser tout simplement de l'eau dedans, sans qu'il soit nécessaire de les immerger. Mais il n'est pas facile de réunir un assez grand nombre de vases, il faut beaucoup de place pour les recevoir, l'eau que l'on verse dedans n'immerge que le dessus, on ne peut pas lire au cœur des essais. Il faut souvent remplir pour suffire à l'évaporation ; l'eau devient trouble, se couvre de poussière, et les étiquettes se perdent.

Les inconvéniens que des vases isolés présentent sont tels, que je les regarde, comme offrant un très-grand obstacle à l'observation des faits, et surtout à leur comparaison ; à peine en avais-je réuni quelques centaines que je fus obligé d'y renoncer. Cependant, je dois dire que c'est dans la grande quantité d'essais différens que j'ai faits, que j'ai puisé la conviction que la vieille définition des chaux, des terres et des sables, ne pourrait jamais fournir de règle pour la confection des mortiers; qu'avec elle tout n'était qu'exception, obscu-

rité, chaos; et que je n'ai dû la facilité de faire de nombreuses comparaisons, qu'au moyen que j'ai employé pour remplacer les vases; aussi j'ai conservé pour ce moyen, d'ailleurs assez vulgaire, une prédilection particulière, et j'ai déjà éprouvé plus d'une fois que l'expérience l'a fait partager.

Il consiste à découper en bandes de trois à cinq lignes de hauteur des feuilles de fort papier préparé pour peindre à l'huile; c'est-à-dire, ayant reçu une ou deux couches de peinture à l'huile de chaque côté : dans la ville, on en trouve à acheter; au dehors on peut prendre du papier huilé.

On forme avec ces bandes de petits anneaux ou cercles de quelques pouces de diamètre, si le papier est mince, on fait plusieurs tours, on arrête avec une aiguille et du fil. On écrit au pourtour avec une encre à l'huile ou au vernis, insoluble dans l'eau, le titre de l'essai; de quelle pierre il est tiré, sa consistance, etc.; on commence par un numéro correspondant au livre d'ordre où tout se trouve noté par tiroirs, cases, etc., en une demi-heure, on peut en faire une grande quantité.

C'est dans ces cercles que l'on place les pâtes d'essais, on les égalise parfaitement en dessus et en dessous avec le couteau, dès qu'elles supportent la pointe de troisième consistance (art. 75), on les immerge, et l'on met tous les essais du même jour à côté les uns des autres dans le même tiroir rempli d'eau;

alors on peut, comme ils tiennent peu de place, les observer facilement, en renouveler l'eau à la température moyenne, et l'entretenir par une seule opération : toutes les deux ou trois heures, on appuie dessus l'éprouvette désignée pour juger l'instant de la prise (art. 75).

On doit faire considérablement de ces sortes d'essais, car on y est toujours conduit, non-seulement pour connaître la quantité de base hydraulique contenue dans la pierre calcaire, mais encore pour s'assurer de celle qui peut être développée par les poudres que l'on a séparées des sables et des terres; qu'elles soient crues ou calcinées par la nature ou par l'art, qu'elles soient mêlées à froid ou à chaud avec les pierres calcinées (art. 58).

Pour donner une idée du nombre des essais qu'on doit faire, sous peine de n'avoir des élémens qu'une idée imparfaite, en supposant même qu'on n'ait à analyser qu'une pierre calcaire, un sable et une terre, nous allons les énumérer à peu près.

Pour reconnaître la base hydraulique contenue dans la pierre calcinée, à trois degrés de feu (art. 46). 3

Si on veut l'exposer dans une autre position, essayer d'un autre combustible ou la broyer, trois degrés de cuisson dans chaque cas. 6

Considérant la terre crue dans ses rapports avec la chaux essayée, on fera par leur mélange à chaud, un ciment factice au maximum de terre, c'est-à-dire que la terre ajoutée, additionnée à la base ordinaire, doit peser trois pour un de chaux en poids : pour trois coups de feu. 3

Considérant la terre crue, comme destinée à faire de la base hydraulique,

propre à être mêlée à toute espèce de chaux ; on mêlera trois de terre à un de chaux pure en poids ; étant séchée et torréfiée à trois coups de feu différents (art. 57) 1. 3

La terre crue isolée torréfiée à part, exposée à trois coups de feu, donnera étant mêlée à froid avec la chaux. 3

Les terres tirées des sables étant mêlées avec un ciment comme terre crue 1

Ces terres, mêlées avec de la chaux pure, comme sablon ou terre cuite. . 1

En tout vingt essais. Si l'on répète les mêmes épreuves pour plus de sécurité, qu'on en mette dix de plus pour les anomalies, pour les épreuves qui pourront manquer ; l'on verra qu'on peut être conduit à faire plus de cinquante essais, pour analyser la pierre, la terre et le sable cité (1).

Il ne sera pas rare, dans une tournée, de rapporter une dizaine d'échantillons de chaque espèce, ce qui ferait monter à cinq cents le nombre des essais qu'on devrait immerger, sans compter les manipulations diverses, comme les chaux à cuire, à éteindre par tous les procédés, à broyer, etc., les terres et les sables à trier et à laver, etc., etc.

Ensuite, il faut chaque jour passer en revue tous

1. Nous regardons comme inutile, de faire des essais avec des proportions de terre différentes, par la raison que plus de terre pourrait introduire trop de base hyd. ou surabondance de parties enveloppées; (art. 36) que si la terre contenait peu de base hydraulique, en mettre moins pourrait empêcher de l'évaluer. La proportion choisie est la seule sans inconvénient, car si toute la terre est base hydraulique, on obtient un ciment au demi en poids ; si elle est toute base ordinaire, un mortier au demi en volume, c'est-à-dire dans les deux cas, le maximum de base qui puisse être mêlé à la chaux (art. 37).

les essais; constater l'augmentation de résistance, par les éprouvettes de résistance; celle du prise, par les diminutions et les éprouvettes de consistance. La température de l'eau d'immersion étant toujours de 8 à 12 degrés, plus ou moins de chaleur accélérant ou diminuant l'instant de la prise.

Bien entendu qu'on n'observe avec autant de détail, que les élémens qui d'abord ont été l'objet d'un premier choix, ce qui en réduit considérablement le nombre.

Par exemple, en première reconnaissance, on ne se jette pas dans ces observations compliquées; on se contente d'un degré de cuisson, on fait les essais qui doivent être immergés par l'extinction complexe, et l'on estime en broyant la base hydraulique qu'ils développent, en moins de quelques heures d'immersion (art. 53); si bien qu'en une matinée, et par une douzaine d'essais, on peut avoir une analyse suffisante des trois élémens considérés; de manière à savoir s'ils sont d'une très-favorable exploitation, ou s'ils doivent être rejetés.

Lorsqu'ils ont des propriétés analogues avec des matériaux d'une autre localité, et qu'il faut choisir, c'est alors qu'on doit entreprendre des analyses plus rigoureuses et plus compliquées.

D'après cette récapitulation du nombre des essais voulus, pour avoir la simple connaissance des élémens qui constituent seulement la partie envelop-

pante des mortiers, on pourrait être effrayé de la multiplicité des essais qu'on serait obligé de faire, pour reconnaître l'effet résultant du mélange de la chaux et des cimens, avec les proportions diverses de différens sables. Si l'on n'était prévenu qu'ils sont absolument inutiles, parce qu'il serait impossible d'en rien déduire; attendu que la grosseur des élémens et leur propriété absorbante, modifient à l'infini les dessiccations et les résistances primitives; qui dès lors n'apprennent plus rien pour l'avenir : aussi, dans notre opinion, il suffit de connaître le titre de la partie enveloppante qu'on doit mêler aux sables et la nature de leur base ordinaire; pour en déduire celui du mortier ordinaire ou hydraulique qu'ils peuvent donner, et dont on peut préjuger de suite les principales propriétés, soit présentes, soit à venir; par l'examen séparé des deux composans (art. 72) : le volume de la partie enveloppante est d'ailleurs fixé, il est toujours au minimum, égal à la somme des vides des parties enveloppées.

Si l'analyse des chaux et des terres, par la nature des choses même, est restée un peu compliquée, peut-être trouvera-t-on que la question générale de leur mélange avec les sables est ramenée à une assez grande simplicité.

Considérée dans ses détails, cette question demande plus d'attention : il faut avoir égard pour

les proportions aux articles 36 et 37; et quant aux résistances, on a vu (art. 28) que les sables pouvaient se classer par ordre, depuis le sable siliceux, jusqu'aux pouzzolanes naturelles ou factices, dont les résistances peuvent varier de 70 à 1; les bases ordinaires en poudre, auront des résistances aussi variables et dépendantes, comme celles des sables, de leur nature. Ces bases pourraient être un composé de plusieurs bases différemment résistantes. Chaque élément, en grains ou en poudre, peut d'ailleurs avoir, pour les parties enveloppantes, des propriétés absorbantes, et des affinités différentes; l'une peut changer immédiatement la consistance, et par suite l'instant de la prise; l'autre, agir sur l'état présent et à venir des mortiers. Il serait donc bien difficile de connaître par l'examen des mélanges les résistances à venir (art. 27, et table, art. 78).

Cependant, comme il est du plus grand intérêt pour les constructeurs, de pouvoir préjuger immédiatement toutes les résistances à venir des mortiers, ne fût-ce que dans certaines limites, et que d'ailleurs une approximation raisonnée est tout ce qu'on peut jamais espérer de mieux; puisque ces résistances sont encore dépendantes des intempéries, des températures, etc., tous incidens dont la succession et la durée ne peuvent être rigoureusement prévues; nous avons posé en principe que, pour un même sable ou une même base, mêlée à des

cimens à différens titres, l'instant de la prise, ou titre des cimens isolés, décide de la résistance à venir. Ainsi, le mortier très-hydraulique, dont la partie enveloppante, prend le second jour sera toujours plus résistant que celui dont la partie enveloppante ne prendra que le huitième, le quinzième, et comme il existe plusieurs espèces de ré-résistances : au frottement, à la pression, etc., on sera généralement certain, d'avoir la résistance cherchée la plus forte possible, en réunissant les parties enveloppées qui la possèdent, par des cimens à 1/2; c'est-à-dire, par la meilleure substance enveloppante connue (art. 31).

Pour faciliter les praticiens, comme les bases siliceuses non absorbantes sont celles qui changent le moins le titre apparent des cimens, et qui leur donnent le plus de résistance, les tables dressées (art. 72), donnent la résistance à la pression; des mortiers hydrauliques à sable siliceux à grains mêlés, d'après la prise (art. 83); pour les mêmes compositions à sable gros, moyen ou fin, elles seraient déjà un peu moindres, et quand on se servira de sable mêlé de moindre résistance, on sera fondé à les préjuger encore au-dessous. Cependant, dès que les affinités seront à peu près équivalentes, et que la résistance des sables, sera supérieure à celle que pourrait atteindre avec le temps la partie enveloppante, ces tables fourniraient encore, d'une

manière approchée, les résistances; mais du moment où l'on mêlerait des bases friables et des sables d'inférieures résistances, aux cimens et aux mortiers; les résistances à venir infiniment moindres, ne seront plus suffisamment indiquées par l'instant de la prise : ou du moins c'est d'après les connaissances que l'on aura de la résistance particulière de ces bases, que les résistances à venir, indiquées dans les tables, devraient être modifiées.

C'est ainsi, par exemple, que les terres, torréfiées pendant quelques cinq minutes sur une plaque rouge, donnent des cimens dont les résistances à venir sont moins grandes que les cimens au même titre, et même à titre inférieur, faits avec des terres calcinées plus fortement. Des observateurs, pour qui l'influence variable de la base ordinaire est encore inaperçue, en ont conclu que l'instant de la prise ne pouvait donner des résistances à venir, et que pour en avoir l'idée, il faut attendre un ou deux ans, d'après l'ancienne manière de procéder, c'est vrai; car il est impossible d'évaluer simultanément les qualités des parties enveloppantes et des parties enveloppées; mais il n'en est pas de même, ainsi que nous l'indiquons, et en les jugeant séparément.

Toute méthode qui ne donnait la qualité réelle des mortiers qu'après des années, c'est-à-dire que lorsqu'il était impossible de les modifier, était insuffisante; il fallait, pour être utile au praticien, en créer une qui pût servir à les évaluer sur-le-champ.

POUR LES FABRICANS ET LES CONSTRUCTEURS.

168. Les reconnaissances préliminaires, ayant fixé l'attention sur les pierres à chaux, les terres et les sables, dont l'exploitation promet d'être la plus productive, il restera à reconnaître en grand quels sont véritablement ceux de ces élémens qu'il serait le plus fructueux d'exploiter.

Si l'on a des ateliers à dispositions, fours à chaux, machines à broyer, etc., c'est avec leur secours qu'on devra faire les analyses des matériaux recueillis et choisis, sauf à préjuger ensuite ce que l'on pourrait gagner à établir des moyens de manipulation plus parfaits que ceux employés, et jusqu'à quel point l'accroissement de qualité des produits pourrait balancer les dépenses.

SUR LES PIERRES CALCAIRES.

On commencera par changer la pierre en chaux pour la soumettre à l'épreuve (art. 47). Supposons qu'elle absorbe deux fois et quart son poids d'eau: en recourant à la table des mortiers (art. 63, ligne 5, col. *a*), on voit de suite que c'est un mortier au tiers de base totale en poids : si l'on veut l'employer comme tel, cette table d'analyse des mortiers donnera son prix et les volumes qu'on en pourrait retirer, en l'éteignant par les trois

premiers procédés, ainsi que les résistances à venir, si toute la base est quartzeuse, autrement on les préjugera d'autant moindres qu'elles seront moins résistantes d'après l'ordre établi (art. 28).

Pour reconnaître si la pierre calcinée contient de la base hydraulique, on la soumet à la seconde épreuve (art. 51). Je suppose qu'elle prenne consistance dans l'eau à la température moyenne, après vingt-un jours d'immersion, en cherchant dans la table (art. 63, col. *f*) le nombre de jours qui s'en rapprochent le plus; c'est ici vingt jours, l'on trouve (lig. 10, col. *a*) : *ciment à 1/4 de base hyd.*; d'où l'on conclut que la pierre calcinée qu'on a crue un mortier à 1/3 de base totale, est un ciment à 1/4, dont l'analyse se notera ainsi :

Ciment à 1/4 de base hydraulique, et à 1/9 de base ordinaire en poids (1).

L'on calculera, par l'article 54, quelle est la base ordinaire en volume pour le procédé d'extinction choisi; le premier, par exemple [2], par l'article 55, combien il contient de sable, quelles sont leur

1. Tout ciment à 1/4 contient 3 de chaux sur 1 de base hydraul.; et comme la base totale est la moitié de la chaux dans le mortier à 1/3, elle sera 3/2; or, comme il y a 1 de base hydr., reste 1/2 pour la base ordinaire en poids, c'est-à-dire 1/9 du poids total.

2. I en volume de ciment vif, deviendra en l'éteignant par le premier procédé 2. 23; ainsi les neuf parties prises pour unité deviendront 20; et comme ces vingt parties ne contiennent qu'une partie de base ordinaire que l'extinction ne peut changer, elle sera le vingtième du volume total ou les 0, 05 centièmes.

grosseur, leurs proportions, leurs vides (art. 32), et l'analyse de la pierre calcinée éteinte se notera :

Ciment à 1/4 de base hydraulique, au 0,05 centièmes de base ordinaire, dont 0-02 de sable fin, à 1/3 de vide, et 0,03 de sablons ou poudre sans vide.

SUR LES SABLES.

On fera l'analyse des sables par l'articles 56; l'on reconnaîtra les portions de sables mêlés de toutes grosseurs, les sablons et les terres qu'ils contiennent, par l'article 57. Si ce sable a été calciné par la nature ou par l'art, les sablons et les terres cuites seront analysés par l'article 58, et s'il n'est pas calciné, la présence des terres crues sera appréciée par le même article.

Après avoir noté que le sable est siliceux, calcaire, etc., de rivière ou de fouille, etc., évalué ses frais de transport, d'extraction, etc., son analyse s'écrira

Sable mêlé contenant, par exemple :

20 de graviers, 2 de sable moyen, 4 de fin, un sixième de vide

plus, { si le sable est volcanique, 10 parties de terre cuite au tiers de base hydraulique.
si le sable est ordinaire, 10 parties de terres crues au vingtième de base contre-hydraulique.

SUR LES TERRES.

Les terres seront étudiées dans le double objet de faire des cimens à chand et à froid.

On cherchera d'abord à séparer les pierres et les sables qui peuvent leur être mêlés (art. 56 et 152).

Si ces terres sont crues, et qu'on veuille les changer en pouzzolanes, on les calcinera sur une plaque rouge (art. 41 et 153).

Si l'on veut faire des cimens à chaud, l'on calcinera de la même manière les mélanges de chaux et terre crue faits à froid (art. 42 et 161).

Enfin, que les terres soient calcinées par la nature ou par l'art, isolées ou mélangées avec la chaux, on connaîtra la quantité de base hydraulique et de base ordinaire qu'elles auront développée par l'article 58 [1].

La forme de l'analyse des terres sera absolument la même que celle de bien des sables; mais comme les propriétés hydrauliques des bases en sont la partie intéressante, on leur donnera, dans la notation, la priorité.

Exemple. Pour la terre crue mêlée à froid et calcinée avec de la chaux pure :

Terre crue développant 1/8 de base hydr. et 7/8 de base ordinaire; les 7/8 de base ordinaire sont composés de 5/8 de sable quartzeux mêlé sans vide et de 2/8 de poudre calcaire.

Pour la terre cuite mêlée à froid à la chaux :

Terre cuite au 1/3 de base hydraulique et au 2/3 de base ordinaire, composés de 5/8 de sable mêlés sans vide et de 1/24 de poudre, et l'on termine par la composition des sables mêlés.

SUR LES MORTIERS ET CIMENS.

Après cette reconnaissance préliminaire des élé-

1. Il faut avoir de la chaux pure pour faire ces analyses; on peut toujours s'en procurer en calcinant un morceau de marbre blanc.

mens, si l'on veut fabriquer des mortiers avec excès de chaux, on consultera l'article 64; et pour former des cimens calcinés avec de la chaux, et une terre à 1/5 de base hydraulique, par exemple, on substituera 1/5 à 1/3 dans la solution de l'art 65 ; pour former des cimens à froid avec une chaux pure et une base à 1/8, on suivra le deuxième problème du même article ; si l'on n'a pas de chaux, mais que l'on ait des mortiers, on consultera les 3e et 4e problèmes, et les tables (art. 66) serviront de guide, et empêcheront que l'on ne s'écarte trop des proportions des volumes et des prix dont ils offrent presque toutes les limites; l'on aura égard aux observations art. 66.

SUR LES MORTIERS ORDINAIRES ET HYDRAULIQUES.

Les compositions des mortiers ordinaires seront données par l'article 68 ; les compositions des mortiers hydrauliques, fabriqués avec des cimens naturels ou factices, n'ont qu'une même solution (art. 69); le tableau (art. 72) donnera des exemples des proportions variées des sables, des prix, des résistances : dans les applications multipliées qu'on en fera, on consultera le chap. X.

Les constructeurs étant fixés sur la nature des matériaux qui les entourent, sur les proportions suivant lesquelles ils doivent être mêlés pour obtenir de bons produits; connaissant d'ailleurs ce qu'ils coû-

tent en grand et sur place, il restera à estimer pour quelle distance les avantages qu'ils présentent pourront être conservés; et comme les transports augmentent rapidement le coût des produits, que la fabrique de cimens soit établie, ou pour les besoins de l'industrie, ou pour fournir aux travaux publics d'une province; on devra, si l'on veut bien opérer, ne point envoyer de chaux factices au loin s'il y a de la chaux; il vaudrait mieux la fabriquer sur place; et si la terre y manque, y envoyer de la base hydraulique isolée.

Il faudra n'envoyer de pouzzolanes que dans les localités où il n'y a pas de sables, et où la chaux naturelle serait pure; mais s'il y avait du sable, et que la pierre à chaux fût un mortier au demi, c'est encore de la base hydraulique qu'il faudrait expédier.

Si l'on avait trouvé un bon ciment au demi ou de la base hydraulique presque pure, on devrait les expédier à toutes les distances où leur prix, augmenté par le transport, serait encore au-dessous de ce que les produits de même qualité pourraient coûter sur les lieux : sauf le cas où les moyens industriels, établis sur un point, ne le seraient pas dans un autre, ce dont on pourrait profiter.

Dans la fabrique de cimens, toutes les parties des élémens qui y seraient apportés seraient utilement employées; ce qui arrive rarement sur les

chantiers de constructions, où beaucoup de parties constituantes des élémens, tels que les produit la nature, nuisent aux compositions, ou sont entièrement rebutés.

Par exemple, les terres crues pourront être séparées des sables, et, par suite, servir à faire des cimens factices ou de la base hydraulique.

Les sables qu'on aura séparés des terres, des pouzzolanes ou des chaux, seront vendus avec les sables mêlés, ou les mortiers tout fabriqués.

On pourrait trouver des cimens naturels avec excès de base ordinaire, qu'on emploierait avec des chaux pures, après les avoir broyés, etc., etc. Des poudres de mortiers, provenant de démolition, pourraient être utilisées en les rebroyant avec une petite quantité de parties enveloppantes.

Dans les localités où l'on trouve des cimens naturels, ils peuvent être plus économiques que l'emploi de la chaux pure, qu'on serait obligé d'envoyer prendre au loin; mais dans les lieux où l'on trouve cimens, chaux et bases, à intelligence égale dans la fabrication, les cimens coûteront généralement plus cher que la chaux, par la raison toute simple qu'ils demandent autant de dépense, et qu'ils foisonnent beaucoup moins; par suite les mortiers hydrauliques seront aussi d'autant plus coûteux qu'ils seront de meilleure qualité, d'où nous conclurons que, s'il est bien essentiel d'élever

des fabriques, qui donneront des mortiers parfaits, moins coûteux que bien des mortiers communs, faits par la méthode ordinaire ; comme il arrivera, à manipulation égale, qu'ils seront souvent plus chers, il est aussi bien nécessaire de faire comprendre aux propriétaires et aux administrateurs, qu'il est d'une saine économie de payer quelque peu plus pour avoir de meilleures constructions. Je compte beaucoup sur l'industrie, dont l'intérêt doit être de vivifier cette idée, pour la répandre, et tirer les particuliers de l'état d'insouciance où ils sont à ce sujet, contre leur intérêt personnel, et par suite contre l'intérêt général, dont leur fortune est un des élémens.

POUR LES DIRECTEURS DE TRAVAUX.

169. Il est du devoir de tout directeur de travaux de faire l'analyse des matériaux qui l'environnent, ainsi que nous venons de le décrire, et de diriger leurs agens de manière à obtenir les mortiers les meilleurs et les plus économiques. Nous verrons, chapitre x, que les mortiers ne doivent pas être également hydrauliques, et qu'ils doivent en faire de plusieurs qualités, pour unir l'économie à la solidité.

Les analyses, les compositions et les conclusions auxquelles ils se seront arrêtés, devront être rédigées en procès-verbal, avec un tableau détaillé,

et déposées, soit aux bureaux des directeurs en chef, soit aux chefs-lieux, afin qu'elles puissent être consultées par toutes les personnes qui y trouveraient quelque intérêt, et ne les pas exposer à être oubliées ou perdues.

Les devis et les détails estimatifs seront dressés d'après les analyses que les expériences en grand auront fournies; tous les renseignemens possibles seront donnés aux entrepreneurs, mais on évitera de leur imposer des sujétions qui, dans l'état actuel des connaissances sur les mortiers, seraient des entraves sans utilité.

On a l'habitude dans les devis d'établir que la pierre, les sables et les chaux, etc., etc., seront tirés de telle et telle carrière, en entrant dans les plus grands détails, pour être certain que le fournisseur ne pourra remplacer par aucun autre l'objet désigné; on pourrait, en appliquant à la confection des cimens la même méthode, rendre obligatoire le lieu d'extraction de la pierre à chaux, de la terre ou des sables, la manière de calciner, de mêler, etc. : nous pensons que de ces dispositions seraient contraires au progrès de l'industrie.

Plus on s'éclaire sur la nature intime des élémens, et plus on peut laisser d'indépendance au fournisseur; on peut, pour les pierres à bâtir, etc., désigner la carrière, les bancs même d'où la pierre doit être tirée, parce qu'on ne peut pas prouver de

suite que toute autre pierre possède la même résistance à l'eau, à la gelée, etc.; toutes choses que le temps a pu prouver; mais, comme pour les cimens, on peut estimer sur-le-champ quelle est leur qualité, il suffira donc d'indiquer son titre, d'exprimer au devis qu'il sera au demi, au quart, etc., de base hydraulique, sans base ou avec telle quantité de base ordinaire de telle nature. Or, que l'entrepreneur l'obtienne en le tirant de telle ou telle pierre, par le mélange d'une terre crue ou cuite, par tel ou tel degré de feu, le mode ne fait rien au fond, c'est aux résultats seuls que l'on doit s'attacher.

C'est le seul moyen de se rendre compte, attendu que la qualité des cimens est dépendante de la manipulation: en suivant les conseils que le directeur des travaux donnerait, on pourrait donc faire de mauvais mortiers; en conséquence, pour que l'entrepreneur soit responsable de sa manutention, on doit ne le juger que sur ses produits: aussi, pour savoir si le ciment fourni est au titre indiqué dans le devis, on peut à tout instant le soumettre aux deux épreuves (art. 47 à 55); s'il contient justement les bases désignées, peu importe comment il les a rassemblées; on ne peut avoir aucune espèce de raison pour les refuser.

Cette latitude laissée aux entrepreneurs, devra les disposer à déployer d'utiles efforts pour développer la base hydraulique et la meilleure base or-

dinaire, par les moyens les plus économiques; en les engageant à donner une attention particulière au perfectionnement des procédés de fabrication des mortiers.

Les sables mêlés peuvent être indiqués par leur carrière, sauf au fournisseur à proposer un sable composé, qui serait jugé de meilleure qualité.

POUR LES PARTICULIERS

QUI FONT BATIR OU RÉPARER.

170. Si les propriétaires étaient suffisamment éclairés sur leurs intérêts, ils mettraient une attention particulière dans le choix qu'ils feraient des mortiers, soit pour réparer, soit pour bâtir. Souvent ils emploient beaucoup de soin et d'argent pour réunir de beaux matériaux, tels que pierres de taille, moellons, briques, tuiles, etc., mais leur sollicitude, en général, ne s'est pas encore portée sur le ciment, qui relie les parties composantes; ciment qui fort souvent les recouvre et en fait la seule garantie contre le temps et l'humidité; il est vrai que, jusqu'à présent, la bonne qualité des mortiers était indéfinissable; qu'on pouvait imaginer, comme pour les pierres, qu'il fallait des siècles pour les estimer; or, dans l'impossibilité où l'on était de rien préciser, on conçoit qu'on ait dû renoncer à toute insistance, puisqu'elle aurait été sans but, et que les apprentis maçons soient demeurés seuls bons juges de la

confection des mortiers. Cependant la stabilité des bâtimens, l'impénétrabilité des murailles aux vents, à l'humidité, à la pluie; la durée des revêtemens, des enduits, sont dépendantes du choix que l'on fait des mortiers; et l'on n'avance rien de hasardé, en disant que, sans plus de dépense, on peut souvent doubler la durée, la salubrité des édifices, et décupler celle des enduits : c'est pourquoi nous préviendrons les propriétaires qui voudraient en faire l'épreuve, qu'il existe à présent des moyens simples et certains de se faire bien servir; et voici comment ils doivent procéder.

Ils pourront exiger des entrepreneurs, 1° que les constructions dans l'eau, ou exposées à l'humidité, telles que bassins, caves, etc., soient exécutées avec du mortier qui mette deux jours à prendre consistance dans l'eau;

2° Que tous les enduits exposés à l'humidité, aux pluies, à la gelée, tels que ceux des terrasses, des soubassemens, des murs de jardin, des citernes, etc., soient également faits en même mortier;

3° Que les maçonneries et les enduits moins exposés, soient faits en mortier qui prenne dans l'eau au bout de huit à quinze jours; quant aux mortiers qui ne prennent pas dans l'eau, on peut souvent leur préférer du mortier en bonne terre glaise, et, dans tous les cas, il est prudent de ne s'en servir que dans les intérieurs et pour les maçonneries bien abritées.

Reste maintenant à savoir comment on constatera, que l'entrepreneur a bien rempli les conditions de son marché : il suffira de prendre un demi-verre du mortier tel qu'il est au moment d'être employé, de rentrer chez soi, et de remplir doucement le verre avec de l'eau. On essaiera tous les jours à exercer sur ce mortier une pression avec le doigt, et, lorsqu'il opposera une résistance telle, qu'on ne puisse plus l'entamer, on notera ce jour comme étant celui de la prise; moyen simple, qui permet, autant de fois qu'on le juge à propos, de s'assurer si vraiment on est bien servi, ou jusqu'à quel point on est trompé. Le mortier doit d'ailleurs être composé avec du sable siliceux (art. 28), et accroître de volume dès qu'on y ajoute un liquide; autrement il y aurait du vide dans sa masse et il manquerait de parties enveloppantes.

Comme cet examen est immanquable, et qu'il donne toujours la vérité, tout mortier qui ne prend pas doit être condamné sans rémission, toutes les phrases possibles ne peuvent lui donner de la qualité, et l'on doit se défier beaucoup des beaux noms de *ciment romain*, etc., donnés à des mortiers qui n'auraient pas cette propriété; aussi, quand on en a trouvé un qui prend dans l'eau le second jour de son immersion, il ne faut pas en désirer d'autres, parce qu'il n'y a rien au-delà; les Romains n'ont jamais mieux fait, et l'on est sûr que, quelques

17.

années après l'emploi, on n'aura rien à leur envier. Les mortiers qui résistent à la pression du doigt le huitième jour, et principalement ceux qui ne résistent que le quinzième, auront leur surface un peu plus ou moins attaquée, ce qui tient à leur nature; quant aux mortiers qui ne prendront pas dans l'eau après un mois et plus, ils seront réputés mauvais et rejetés comme tels.

Si l'on voulait en faire l'analyse, il faudrait lire cet ouvrage pour se rendre compte, et savoir comment on pourrait le modifier. On peut être conduit à cette étude, soit pour sa propre instruction, soit pour former les ouvriers, et nous engageons les propriétaires, qui voudraient eux-mêmes tirer parti des minéraux qui les entourent, à ne pas s'effrayer de ce que peut avoir de compliqué ce que nous avons dit aux industriels et aux constructeurs; c'est une conséquence inévitable quand on veut embrasser tous les cas. Mais en les traitant isolés, comme ils peuvent en avoir besoin, chaque question est d'une extrême simplicité.

Par exemple, si l'on veut calciner de la pierre calcaire, il faut lire le chap. VI, et selon le combustible, s'appesantir sur les fours qui s'y rapportent.

Veut-on analyser de la chaux, du sable, de la terre, etc., il faut lire le chap. III; connaître leur propriété, les chap. I et II. Pour composer des mortiers de toutes pièces, le chap. IV. Pour

fabriquer les cimens factices, le chapitre VIII.

Quand on sait ce que l'on veut, que tout est spécifié, chaux, sable, combustible, moyen de manipulation, etc.; par la table analytique des matières, et selon le titre des chapitres, on peut lire juste ce que l'on a besoin, et trouver en très-peu de temps ce qu'il reste à faire pour la fabrication désirée. Je ne sais que deux chapitres indispensables à lire, c'est le premier et le second, et peut-être partie du troisième; ils contiennent tout ce qu'on doit savoir, et ce n'est qu'à mesure des besoins, que les autres sont faits pour être consultés.

POUR LES ADMINISTRATEURS.

171. Les administrateurs éclairés qui donnent l'impulsion dans chaque localité, peuvent être infiniment utiles à leurs administrés, en encourageant les hommes intelligens qui pourraient élever des fabriques de cimens, et faire la reconnaissance de la nature des matériaux; ce n'est que par leur sollicitude, qu'on peut espérer qu'un jour à venir, toutes les analyses en seront bien connues; et les découvertes publiées dans les journaux, les statistiques, ou conservées dans les archives, c'est alors que les particuliers sauront enfin où prendre les bons mortiers, qu'ils doivent nécessairement préférer.

Il est sans doute inutile d'insister sur ce sujet : car, planter des arbres, élever une fontaine, encou-

rager de nouvelles sources de production, donnent des droits à la reconnaissance publique, et les hommes de bien, les administrateurs éclairés, sont naturellement portés à la provoquer.

COMMENT ON PEUT FAIRE L'ANALYSE

des formules empiriques, auxquelles on a donné créance depuis Vitruve jusqu'à nous.

172. Quelles que soient les branches de l'entendement humain dont on veuille suivre les accroissemens, on observera des faits analogues dans leurs progrès; les lumières, la raison ne se développent que par jet; les premiers sont fort incertains et n'en sont pas moins précieux, puisqu'ils sont les guides offerts à l'homme, aux sciences et aux arts dans l'enfance, sans lesquels ils n'en trouveraient jamais de plus parfaits.

Cette courte réflexion suffira pour empêcher qu'on ne puisse penser que nous voulions insulter aux hommes de génie, dont les découvertes, ne fût-ce qu'en formules empiriques, nous ont été long-temps d'un utile secours; en leur payant un tribut de reconnaissance particulier, il doit être permis d'observer: que si les formules douteuses, d'à peu près, de cas particuliers, ont leur opportunité; elles finissent toujours par devenir inutiles et souvent nuisibles, soit par les doutes qu'elles laissent planer, soit par

l'attachement particulier de bien des gens qui les ont adoptées, ne fût-ce même que dans la forme. C'est alors qu'il est nécessaire de mettre les personnes qui ne veulent pas rester stationnaires, en garde contre leur notoriété.

On ne parlera pas des prévisions qu'on a répandues sur les pierres à chaux, sur leur poids, leur couleur, leur dureté; sur l'importance illusoire de certains procédés de calcination, d'extinction; sur les opinions contradictoires relatives à la nature, le gissement et les proportions des sables : le positif de cet ouvrage doit facilement y faire renoncer.

L'abus contre lequel on désirerait mettre en garde, est la propension que les anciens ont probablement léguée aux modernes, de passer souvent du particulier au général, et de donner comme exemple à suivre ou comme recette assurée, un fait isolé; qui souvent n'est pas même ce qu'on le suppose, et qui, fût-il bon dans sa localité, ne prouverait rien pour d'autres lieux.

C'est ainsi, par exemple, que, malgré les belles découvertes de M. Vicat, l'ouvrage éminemment utile qu'il a publié, de nouvelles controverses se sont établies contre toute évidence, et si quelques élèves de ce véritable ingénieur n'avaient pas, comme nous, mis en pratique ces ingénieux procédés, le schisme de la composition des mortiers serait, depuis peu, probablement reparu dans toute sa force, en brillant de nouvelles clartés.

Cependant sa résurrection est impossible, il ne peut pas y avoir de contestation quand on possède assez de principes tirés de l'expérience, pour faire surgir la vérité de tous les énoncés, quelle que soit d'ailleurs la manière captieuse dont ils puissent être présentés.

Par exemple, bien des personnes, dont le caractère est honorable et les talens très-distingués, dans leur désir d'être utile aux constructeurs, publient encore tous les jours les résultats de leur expérience, en écrivant qu'avec *un de chaux commune en pâte, trois demi de terre cuite et trois demi de sable, ils ont obtenu un bon mortier.*

Reconnaissant d'avance ce que l'on doit d'égard à la pureté de l'intention, on ne peut méconnaître, à la première vue, quelle source intarissable d'erreurs peut surgir de cet énoncé.

De quelle chaux commune parle-t-on? quelle est sa base ordinaire? du sable calcaire, terreux? le sable contient-il des poudres, de la base hydraulique? quelles sont les grosseurs de ses grains, ses vides? et la terre, quelles sont les bases et les sables qu'elle contient?

Ainsi, l'avis peut être bon, mais l'énoncé en est trop vague pour que l'on puisse en profiter, et l'expérience de l'auteur ne peut être utile à personne : mais il reste encore à savoir si, sur les lieux, son opinion particulière est au moins l'expression d'une vérité.

On dit bien qu'on a fait *un bon mortier*, dénomination tout aussi vague que le reste de la formule; si nous lui donnons le seul sens positif que l'on puisse lui prêter, nous entendrons que le mortier était aussi bon qu'on pouvait le faire avec les élémens cités; cependant, pour connaître tout le vide des idées attachées à la manière de se rendre compte, qui est encore la plus généralement adoptée, et pour y faire complètement renoncer; on peut voir, en lisant la note ci-jointe [1], que non-seulement l'intention d'être utile aux personnes qui voudraient faire de bons mortiers a été sans résultat; mais

1. En partant des données incertaines de la formule, on trouve, savoir : que la chaux commune doit être un mortier, au quart ou au tiers en poids de base ordinaire (art. 63); prenant le cas le plus favorable à l'économie, nous le supposerons au quart de base; ce mortier, traité par les trois procédés d'extinction, son volume étant un, devient ou 3, ou 2 1/2 ou 2; comme on n'indique pas quel procédé d'extinction l'on a choisi, nous prendrons le premier procédé, qui donne *trois*; or ce mortier à 1/4 étant triplé, la base ordinaire en sera le douzième en volume, ou les 8 centièmes.

Le sable étant encore moins défini que le mortier, nous le supposerons pur, sans sablon ni terre crue, composé de 20 parties de sable moyen, de une demi-ligne de diamètre au 2/5 de vide, et de trois parties de sable fin, de 1/10 de ligne de diamètre, au tiers de vide; le sable mêlé résultant sera à peu près au quart de vide.

Un et demi de terre en poids, ayant été mêlée à *un* de mortier à 1/4 en pâte, qui contient seulement 0,306 de chaux vive en poids, et le produit étant annoncé être hydraulique, ce sera un ciment au 2/5 de base hydraulique; ou en d'autres termes, 3 de chaux pure et vive en poids, pour 2 de base hydraulique. D'où résulte que la base hydraulique, développée par *un et demi* ou 1,50 de terre, mêlé à

encore que la composition, donnée pour exemple, n'est même pas la meilleure qu'on aurait pu faire sur les lieux, avec les mêmes élémens et la même fabrication, attendu que, pour la justifier, on est obligé de tomber dans une supposition particulière qui ne se présente jamais.

Cet exemple, entre mille qu'on aurait pu choisir, suffira sans doute pour démontrer la nécessité de repousser pour toujours : la vieille manière de se rendre compte, les faits isolés érigés en généralité, les définitions incomplètes et les conclu-

0,30 de chaux, sera 0,20, et que la base ordinaire, contenue dans 1,50 de terre, sera en nombre rond 1,30.

Ainsi, les analyses des trois composans seront :

Un de chaux commune, c'est-à-dire trois de mortier éteint, premier procédé, au 0,08 centième de base ordinaire en volume (art. 63).

Trois demi de sable mêlé au quart de vide.

Trois demi de terre cuite, composé de 0,20 de base hyd. en volume et en poids, et de 1,30 de base ordinaire en volume.

Maintenant, l'incertitude dans laquelle l'énoncé nous a placés, nous met encore dans le cas de faire plusieurs hypothèses :

1° Que la base ordinaire comprise dans le mortier et dans la terre, sont du sablon sans aucune espèce de vide.

Dans ce cas, l'addition du mortier à la terre, pour faire le ciment à froid, donnera, savoir :

Parties enveloppantes.	Du mortier au 0,08 cent....	0,92	en tout 1,12.
	Base hydraulique de la terre en volume.............	0,20	
Parties enveloppées.	Du mortier au 8 cent......	0,08	en tout 1,38.
	Base ordinaire de la terre en volume................	1,30	

Dans cette hypothèse, 1,38 de sablon demande 1,38 de parties

sions chargées de tant d'obscurités, qui en sont les conséquences. Il est une méthode de composition de mortiers, basée sur l'analyse des élémens, qui peut servir à tirer parti des minéraux trouvés dans chaque localité; mais il n'est pas de formule qui puisse être généralement appliquée. S'il est des personnes qui n'ont pas pu fabriquer de cimens factices, elles doivent méditer sur l'influence de la manipulation (art. 46, 74 et 95). S'il s'en trouve qui pensent que les cimens à froid sont toujours des mortiers plus économiques que les cimens à chaud, et réciproquement; que telle chaux commune demande plus ou moins de sable, etc., etc., le chapitre IV suffira peut-être pour leur prouver que tous ces faits éventuels, qui peuvent être vrais en particulier, sont entièrement faux comme généralité, et qu'il en est de même

enveloppantes au moins (art. 37); ainsi le ciment résultant serait déjà avec un excès de 0,26 de base ordinaire, et demanderait une addition de chaux pour avoir toute sa qualité; on ne peut donc pas lui ajouter du sable, à moins que ce ne soit du sable gros dont les vides seraient tels, que ce ciment défectueux pût lui servir de partie enveloppante, et donner un mortier hydraulique inférieur à celui que les mêmes élémens à chaud auraient pu procurer (art. 71).

2° Nous supposerons encore que les bases ordinaires de la terre et du mortier sont composées de parties égales de sablon et de sable au quart de vide; dans cette hypothèse on trouve encore un excès de parties enveloppées. De telle sorte, qu'il faut supposer le sablon presque nul dans les bases ordinaires des mortiers et des terres cuites isolées, pour justifier la composition proposée; cas particuliers que je n'ai jamais rencontrés.

de presque tout ce qu'on peut dire sur la confection des mortiers.

FABRICATION

ET MANIPULATION EN GRAND.

173. Si le combustible, et surtout les pierres, sont à pied-d'œuvre, on fera bien de les calciner sur place. On consultera, si l'on doit brûler du gros bois, du bois léger (article 115), des tourbes, des branchages, des roseaux, du charbon de terre, (article 122); si l'on n'a besoin que d'une petite exploitation, on préférera les fours (art. 127, et 152 à 161) construits sur une échelle en rapport avec les besoins; l'on éteindra les chaux selon les chapitres III et VII; si l'on fait des cimens calcinés (art. 159), on établira des moules, broyoirs, séchoirs, un tonneau à mêler, etc. (chap. VIII).

On pourra cuire dans les fours à chaux même (chap. VI); mais si l'on achetait la chaux vive (art. 158), ou que l'on veuille recuire avec économie, on recourrait à l'article 161, et si l'on voulait employer des chaux actives (art. 21), on les réduirait en poudre (art. 73 et 139) avant de les éteindre, autrement on emploierait le procédé ordinaire.

Pour fabriquer des terres cuites, ou pouzzolanes artificielles, on les diviserait en les mêlant

avec des combustibles, des végétaux; elles seraient ensuite séchées et grillées (art. 153), ou mises en prismes et calcinées (art. 157). L'on choisirait entre les fours à torréfier (art. 127 à 130) celui à préférer selon l'importance du travail; puis enfin on mêlerait à bras, ou dans le tonneau à mêler (art. 144), ou l'on broyerait ces terres ou pouzzolanes avec des chaux pour faire des cimens (art. 143); si l'on avait des terres peu hydrauliques ou qui coûtassent fort cher, on les réduirait en poudre impalpable avant que de les mêler aux chaux (art. 74 et 153); enfin, pour les sables ou les terres qui auraient besoin d'être passés et lavés, on verrait les articles 147 et 148. Pour les ateliers en petit, les tamis, les masses[1], les pilons et les mélanges à bras, satisferont, autant que possible, aux conditions de bonne manipulation, qui sont pour beaucoup dans la qualité des mortiers (art. 59 et 74); mais sur un travail en grand, il est indispensable, pour épargner la main-d'œuvre, et pour avoir des résultats plus parfaits, de faire construire des machines (chap. VII). Un atelier qui les contiendrait toutes aurait besoin d'être établi dans un certain ordre, afin d'éviter la confusion et les fausses manœuvres.

1. On se sert, à Paris, pour piler les tuileaux sur une pierre plate, de masses ou disques en fonte de 8 pouces de diamètre sur 4 à 5 de haut, emmanchés suivant un de leurs diamètres.

ARRANGEMENT PARTICULIER D'UN GRAND ATELIER.

174. Imaginons un grand atelier de forme carrée, par exemple, parfaitement couvert, pour éviter l'effet de la chaleur qui dessèche, ou celui des pluies qui délavent ; assez vaste d'ailleurs pour avoir en son milieu la machine à broyer (art. 143).

On placerait carrément à l'entour quatre machines : la première pour trier et laver les sables (art. 148) ; la deuxième pour passer les terres et les chaux (art. 146) ; la troisième pour éteindre par le premier ou le second procédé (art. 131 et 136) ; la quatrième pour mêler les mortiers (art. 144) ; très-près de ce groupe de machines, entre lequel on pourra parfaitement circuler, on rangera les matériaux, ils seront adossés contre les pourtours de l'atelier et séparés par de petites cloisons ; et comme l'atelier a quatre faces, on placera les chaux de diverses qualités, vives ou éteintes par les procédés convenables, dans les divisions du côté des machines à éteindre et à passer, d'autres cases voisines seront prêtes à les recevoir après l'opération ; les sables et terres cuites seront le long de la face de la machine à trier, rangés par ordre de grosseur ; enfin les deux faces encore libres seront destinées aux mortiers. Ces cases ne seront pas moins nombreuses que les premières ; car sur un travail un peu important, ne fût-ce qu'une maison particulière, on peut em-

ployer un bon nombre de mortiers différens, sans être taxé de recherche, et seulement pour parvenir à concilier la solidité et l'économie.

Pour des fondations dans l'eau, il faudra du mortier hydraulique; hors de l'eau on est encore à l'humidité, mais on pourra prendre des mortiers moins énergiques; le milieu de l'édifice se maçonnera en mortier peu hydraulique, et les parties hautes en mortier ordinaire; toutes les parties anguleuses et extérieures pourront être en sable moyen, l'intérieur des masses en sable mêlé et gravier, les scèlemens en mortier de chaux active; les enduits en mortier hydraulique à sable fin et de diverses grosseurs. L'on peut être contraint de faire tous ces mortiers en même temps, et l'on aura besoin de beaucoup d'ordre pour ne pas les confondre, pour vaincre l'insouciance, l'inertie et souvent la mauvaise volonté des manœuvres; pour échapper autant que possible à leur incurie, on aura des mesures dans chaque case ou division, dans lesquelles les matériaux seront renfermés; par exemple, si l'on doit éteindre de la chaux vive, on aura un vase pour l'eau et pour la chaux; si l'on veut un mortier hydraulique, la case destinée à le recevoir contiendra la mesure de la chaux, du sable, de la terre cuite, et de l'eau, et en général de toutes les substances dont le mortier doit être composé. Les numéros des cases où l'on devra

prendre les élémens seront écrits sur les mesures, qui auront elles-mêmes une place assignée.

Lorsque les maçons demanderont des mortiers, ils seront obligés de leur donner des noms pour les distinguer; outre les mortiers ordinaires et hydrauliques, c'est aux praticiens à les qualifier.

L'on sera guidé, dans toutes les manutentions, par ce qui a été dit art. 73 et 74; lorsque des cimens seront bien broyés, ils seront mêlés avec les sables; le mortier résultant pourra se mêler ensuite avec des graviers, et si l'on veut faire de la maçonnerie de blocage ou des betons, on ajoutera les pierres concassées aux mortiers de gravier obtenus. Les proportions seront calculées par la méthode générale: chaque mortier, successivement fabriqué, étant considéré à son tour comme partie enveloppante, dont le volume minimum doit être égal à la somme des vides des parties enveloppées.

Le chef d'atelier qui dirigera la fabrication des mortiers aura les pointes préparées (art. 75) pour mesurer les consistances des parties enveloppantes, et reconnaître à chaque instant si les ouvriers ne s'écartent pas des règles qui leur sont prescrites. Il serait même utile qu'il fît par comparaison des éprouvettes de consistance et de résistance des mortiers, car le poids de ces éprouvettes doit varier avec la grosseur des parties enveloppées.

En été, les parties enveloppantes peuvent être

broyées de deuxième consistance, surtout si les sables sont desséchés, et le mortier résultant de troisième, si les matériaux sont de nature absorbante. En hiver, on broiera de quatrième consistance, et même si les sables sont très-imprégnés d'eau, on emploiera des cimens actifs, deuxième procédé d'extinction, ce qui d'ailleurs peut servir à les diviser.

Si l'on doit immerger des bétons dans l'eau (art. 186), on aura aussi des mesures de résistances particulières afin de conclure par la table (art. 78) le moment de la prise et la résistance à venir du béton immergé; enfin si des cimens ou des mortiers restent long-temps soit à l'air, soit même sous l'eau après leur confection, on consultera les art. 89 et suivans, et l'on saura ce que l'on peut espérer, soit qu'on veuille les broyer (art. 89), ou seulement les mêler (art. 95); si l'on veut conserver des chaux, on verra (art. 138) des cimens (art. 87 et 93), etc.; enfin on pourra consulter la table analytique des matières, elle indiquera les articles où sont renfermées les solutions des diverses difficultés qui peuvent se présenter dans la fabrication des mortiers.

POUR L'EXTINCTION PAR IMMERSION.

Nous indiquerons aux industriels l'appareil propre à l'extinction par immersion, exécuté en grand

par MM. Olivier frères, négocians à Doué (Maine-et-Loire), et qui pourrait avoir été entièrement puisé dans notre ouvrage (chap. VII).

L'appareil de MM. Olivier a pour but d'éteindre par immersion un ciment naturel, afin de l'exporter par sac, et d'en assurer la conservation.

Au sortir du four, on réduit la pierre calcinée en morceaux, on la reçoit dans un seau à fond mobile; plongée dans l'eau quelques secondes au moyen d'une grue; en ouvrant le fond retenu par un encliquetage, on le vide dans une trémie; qui porte le ciment dans un bâtiment voûté, ou chambre d'immersion.

Lorsque le ciment a eu le temps de s'éteindre, on vide la chambre d'immersion par des conduits inférieurs qui conduisent le ciment dans des cylindres (art. 141) ou blutoirs en fer, qui, dans leur mouvement de rotation, séparent les poudres des pierres qui sont rejetées au dehors; les poudres sont conduites par de nouvelles trémies dans de nouveaux blutoirs en toiles métalliques, qui séparent les poudres des sables, etc.; ils sont aussi rejetés, par suite on pourrait les broyer. Enfin, les poudres descendent par des trémies dans le magasin d'expédition; on les reçoit à mesure du besoin dans des sacs, que l'on pèse immédiatement, et qui sont expédiés sur la Loire.

C'est ainsi que, par une combinaison ingénieuse

des moyens que nous avons presque tous indiqués, MM. Olivier sont parvenus à fonder un établissement remarquable et d'une grande utilité; nous sommes heureux de le donner comme exemple, afin de montrer le parti qu'on pourra tirer de notre ouvrage dans la pratique, pour la résolution d'une foule de problèmes variés que les intérêts industriels peuvent proposer. Les Russes exécutent l'extinction par immersion très en grand, avec encore plus d'économie; ils étendent la chaux vive par couche successive, et jettent tout simplement de l'eau dessus (art. 179). A la vérité, on ne sait guère si les ouvriers qui vivent au milieu de la chaux en sont jamais incommodés; tandis que le procédé décrit met tous les employés entièrement à l'abri des émanations alkalines, soit en vapeur, soit en poudre, que pendant les mouvemens et l'extinction de la chaux on voit avec tant d'abondance se dégager.

CHAPITRE X.

DE LA CHAUX, DES CIMENS ET DES MORTIERS,

ET DE L'ART D'EN BIEN DIRIGER L'EMPLOI.

175. Si l'on éteint de la chaux par les extinctions, ordinaire, spontanée et par immersion, l'on trouve après quelques jours que les résistances absolues sur 4 lignes carrées (art. 77.), sont à peu près comme les nombres 8, 7, 2, et les duretés relatives comme 8, 7, 6. Après un an, les résistances sont comme les nombres 9, 8, 6, et les duretés comme 20, 10, 8.

En conséquence, pourvu qu'on emploie l'extinction ordinaire, que la pâte soit ferme et liante, et que rien ne s'oppose au retrait, on voit que la chaux pure, sans être aussi résistante que la brique ordinaire (art. 77.), acquiert cependant une bien plus grande dureté ; aussi peut-on l'employer pour tous les travaux qui doivent résister au frottement ; par exemple, pour carreler les chambres, etc., etc.

La difficulté principale qu'on éprouve à employer la chaux, provient du retrait que prend la pâte en durcissant, et que l'on peut d'ailleurs manipuler de quatrième consistance.

Lorsque les carreaux n'ont pas plus de 4 à 5

pouces de diamètre, et qu'on les pose librement sur une aire à laquelle ils n'adhèrent point, la dessiccation peut s'opérer; les carreaux se recouvrent d'une légère efflorescence, les arêtes s'arrondissent, etc., etc. Lorsqu'ils sont bien séchés, on les dresse sur un grès fin; ils ont alors toute l'apparence d'un beau marbre blanc, qui ne déparerait point des mosaïques.

Il serait très-simple de marbrer ces carreaux en donnant diverses nuances à la pâte, soit en y mêlant des ocres, soit au moyen de couleurs à l'huile qu'on appliquerait dessus avant que la pâte ne soit tout-à-fait séchée; ainsi qu'on fabrique les papiers marbrés, c'est-à-dire en plaçant au hasard des couleurs à l'huile sur la surface d'une eau en repos; ces couleurs surnagent en se mêlant d'une manière bizarre; alors on pose dessus le carreau déjà formé et poli; les parties en contact avec l'eau restent blanches; toutes celles qui rencontrent de la couleur l'absorbent et se colorent.

On pourrait aussi former des aires avec de la chaux en masse; l'on placerait dans la pâte des carreaux de chaux de diverses couleurs qui laisseraient la chaux visible par intervalle. L'on massiverait légèrement à mesure que l'aire en chaux de 4e consistance se dessècherait.

On conçoit pourquoi les chaux grasses sont très-bonnes pour faire les stucs, et en donner de

très-résistans. On les emploie pour revêtir les murs des appartemens, les décorations d'architecture intérieures. Dans beaucoup de pays, on se sert de plâtre; mais le meilleur stuc se fait avec des chaux grasses qui sont, pour les lieux bien abrités, préférables aux mortiers.

La chaux propre à faire les stucs doit s'éteindre par une extinction complexe, d'abord par immersion, et dès qu'elle est passée au tamis, pour la séparer de toute partie pulvérulente, on l'éteint par l'extinction ordinaire à la 3e consistance; l'on peut la laisser macérer plusieurs mois, des années même, les praticiens la trouvent d'autant meilleure; quand ils sont pressés, ils la malaxent fortement.

On mêle à la chaux, des poudres de marbre blanc ou coloré, des poudres d'albâtre ou de pierres blanches, en parties égales et plus (art. 37.), et sans ajouter d'eau; c'est un mortier ordinaire de chaux et de poudre de marbre au demi, 3e ou 4e consistance.

DE L'EMPLOI DES CIMENS
OU CHAUX HYDRAULIQUES.

176. Si l'on éteint des cimens par les trois procédés d'extinction, ordinaire, par immersion et spontanée; les résistances absolues pour des prismes de 4 lignes carrées de base, sont environ comme les

nombres 1, 1/2, 1/10 (art. 77), les duretés relatives comme 4, 3, 2; après une année, résistances 5, 4, 3; duretés 5, 4, 3.

D'où l'on voit que les cimens, en restant exposés à l'air, ne peuvent donner, par leur mélange avec l'eau, des corps aussi durs qu'en donne la chaux. Cependant les cimens très-hydrauliques, quelque temps humides, peuvent offrir de grandes ressources pour les décorations intérieures, pour les aires que l'on massiverait, et dont on pourrait retarder la dessiccation.

Employés actifs et convenablement (art. 21 et 139), ces cimens peuvent remplacer le plâtre, et servir à pousser des moulures, à faire des corniches, des ornemens; ils peuvent fournir des stucs ou enduits qui n'auraient rien à craindre de l'humidité, et dans toutes ces applications, les travaux exécutés acquerraient avec le temps plus en plus de solidité.

Le ciment diffère en cela du plâtre, qui ne peut être exposé à l'humidité, encore moins aux intempéries, et qui même dans les intérieurs finit toujours par se détériorer.

On peut trouver dans les propriétés des cimens, et dans la facilité que l'on a aujourd'hui de les communiquer à toutes les chaux communes, le moyen de perfectionnement de plusieurs arts.

L'on fait depuis long-temps des pièces moulées, des bas-reliefs, des ornemens de toute espèce, qui

s'ajustent sur les façades des maisons, ainsi que des vases, des statues qui décorent les entrées principales, les vestibules, les jardins. Si l'on employait les cimens pour cet usage, de même qu'on emploie le plâtre, on n'obtiendrait pas le même degré de blancheur, mais on se rapprocherait davantage des objets en pierre ou en marbre qu'on veut imiter, non-seulement pour le ton, mais encore pour la durée.

Le problème si long-temps cherché, de la composition des pierres factices, se résoudra partout où l'on trouvera de la chaux.

Les pierres propres à bâtir les terrasses, les dallages extérieurs; pour les dessus de cheminées, les appuis de croisées, pour former des vases propres à contenir de l'eau sans être cuits, pour faire des pierres à repasser, des tuyaux de conduite, etc., etc.

Nous n'entreprendrons pas de décrire toutes les nouvelles branches d'industrie auxquelles la facilité de faire des cimens factices peut donner naissance; leurs précieuses qualités plus généralement connues finiront par créer des produits inattendus.

Un des plus éloignés de toutes les idées qui nous occupent, et qui n'est pas sans intérêt, serait de faire des pierres lithographiques; on pourrait ainsi centupler la valeur du ciment.

L'on trouvera dans le manuel lithographique

que nous avons publié en France, en 1818 (1), les qualités que doivent réunir les pierres lithographiques.

DE LA CHAUX, DES CIMENS ET DES MORTIERS,

MÊLÉS A DES MATIÈRES ÉTRANGÈRES.

177. Nous n'entreprendrons pas de donner le relevé de toutes les compositions dans lesquelles on a fait entrer les chaux; cependant comme il en est un certain nombre qui sont indispensables, et dont l'usage devrait être plus répandu parmi les constructeurs, nous en indiquerons les modèles, que chacun pourra modifier à son gré, et d'après ses propres expériences. En général, le but que l'on se propose ici, est de donner sommairement les moyens qui doivent être mis en usage pour garantir les constructions en mortiers des filtrations d'eau, de l'humidité du sol, des variations hygrométriques de l'atmosphère, de la pénétration du vent, des effets de la gelée, d'éviter les ruptures qui proviennent des tassemens, des commotions, de donner aux mortiers une couleur désirée.

Les meilleurs mortiers, ceux qui résistent comme la pierre calcaire tendre, sont toujours, comme ces pierres mêmes, plus ou moins susceptibles d'absorber l'eau, même des lieux humides, et de l'élever

1. Chez Carillian Gœury, quai des Augustins, n° 51.

bien au-dessus de son niveau ; dans les pays aquatiques ou dans les temps de pluie ; la masse entière des maisons s'imprègne plus ou moins d'une humidité malfaisante, et les grands vents, bien que d'une manière insensible, pénètrent aussi l'épaisseur des murs : il en résulte deux graves inconvéniens ; insalubrité pour les habitans, et destruction des constructions avec les gelées. Toute la science de composition des mortiers ne peut rien contre ces incidens qui dérivent de la nature même des matériaux. Il ne reste donc qu'un parti à prendre, en soumettant les pierres et les meilleurs mortiers à ces causes de destruction et d'insalubrité, c'est de les envelopper des substances particulièrement propres à les en garantir.

178. N° 1. *Pour peindre à froid* ou badigeonner, on se sert d'une dissolution de chaux, à laquelle on mêle une substance animale ou végétale qui la rend insoluble ; par exemple, le lait de beurre, le fromage, le serum de sang de bœuf, les eaux de jagre, de mélasse, des dissolutions d'alun, de colle, de pâte, des huiles, etc., etc. ; on colore, par des terres d'Italie, des ocres, des charbons pilés. On prend de préférence celles de ces substances qui sont le plus économiques pour la localité, et, dans des proportions telles, que la chaux ne s'attache plus au doigt lorsque la peinture est séchée.

Il n'est pas de peuple qui n'emploie quelques-unes de ces substances pour fixer la peinture, qui assainit les habitations. Dans les Indes, on emploie l'eau de jagre; dans les îles, l'eau de source. J'ai vu le petit-lait, le fromage, les eaux de beurre, employés par les Tartares de Crimée avec de la chaux; l'intérieur de leurs maisons est toujours du plus beau blanc. Dans quelques parties de la Russie, de l'Allemagne, de la Suède, de la France, on en fait également usage. Les Espagnols emploient le serum, qui résiste parfaitement à l'humidité par son mélange avec la chaux. A Paris on mêle de la chaux, du plâtre, de la céruse, avec le fromage et le lait; on assainit les prisons en les peignant avec deux pintes de petit-lait, six onces de chaux, quatre onces d'huile de noix, quatre livres de blanc d'Espagne, et du chlorate de chaux.

N° 2. *Pour peindre à chaud,* on emploie les huiles lithargirées, les gaudrons, les résines, les cires, etc. L'on peut voir dans le journal des connaissances usuelles, les expériences intéressantes de MM. Darcet et Thénard, sur l'emploi des corps gras comme hydrofuges. Trois parties d'huile, cuite avec un sixième de son poids de litharge et une partie de cire, donnent la composition propre à garantir les ouvrages précieux; une partie d'huile de lin, un dixième de son poids de litharge, et

deux à trois parties de résine, donne une composition pour les travaux plus communs.

Les huiles s'appliquent bouillantes et au pinceau sur la surface à préserver, et dans un temps très-sec; si les surfaces étaient imprégnées d'humidité, il faudrait les chauffer, les dessécher parfaitement, avant que de peindre. Je me suis beaucoup servi des huiles cuites lithargirées, appliquées bouillantes sur des corniches et des parties d'enduits soumis à l'humidité, et j'ai obtenu dans tous les climats des avantages inespérés; les enduits et les murs, ainsi défendus, étaient secs, sains, résistaient aux temps de pluies et aux gelées. Quant aux compositions qui contiennent des gaudrons, des bithumes, des résines, des cires, etc. elles doivent toujours être chauffées avant l'application. Les célèbres académiciens cités ont employé des fourneaux de doreur, pour dessécher les murs qu'ils ont assainis par leurs procédés. Ils sont convaincus que leur composition peut faire durer les plâtres, les mortiers, exposés aux intempéries : comme enduits de statues, moulures, corniches, bassins, voûtes, etc.

N° 3. *Pour ragréer à froid*, on peut employer; toutes les substances citées n° 1, pour peindre à froid; par exemple : un de ciment à 1/2 ou au 2/5, mêlé à un de base siliceuse en poudre, et amalgamé à un tiers de fromage; plus, du lait de

beurre en suffisance, pour obtenir une pâte de 3e consistance, a été employé par le général du génie Lecner à Odessa, pour faire des couvertures en tuiles plates, sans aucun recouvrement; placées toutes dans le même plan, ce mortier en bouchait tous les joints, sans qu'aucune infiltration ait pu s'y remarquer.

N° 4. *Pour ragréer à chaud*, toutes les substances citées n° 2, peuvent servir; mêlées à de la chaux, à des sables, à des cimens ou à des mortiers; de manière à ce que les amalgames forment à froid une substance qui ne soit ni gluante, ni cassante.

N° 5. *Pour former des enduits, des aires à froid*, on emploie toutes les substances nommées n° 1, auxquelles on ajoute; les sables, les cimens, les pierres pilées, les blancs de céruse, litharge, etc. Exemple :

Ciment, 5 kilogrammes; blanc de céruse, 1 kil.; litharge, 1 kil.; huile de lin, 3 kil.; ou bien encore : sable siliceux et pierre calcaire, 24; litharge fine, 1; huile, un demi du poids total.

N° 6. *Pour des enduits à chaud*, on emploie toutes les substances citées n° 2, en y ajoutant les chaux, les cimens, les sables, les terres cuites. Exemple :

1 litre de gaudron; 2 kil. de braie; 2 décilitres de ciment à 1/2; 1 de sable fin, le tout cuit de

manière à ce que la pâte à froid soit ductile sans être coulante.

Nous avons employé cette composition avec avantage dans beaucoup de cas; pour réunir les tuyaux de conduite, pour des gouttières en briques; pour faire des terrasses; et souvent pour isoler les poutres, de murailles nouvellement construites, et les murs des rez-de-chaussée, des soubassemens souvent humides.

On n'a point donné les mille et une compositions possibles avec tous les élémens cités; tous peuvent servir pour défendre les murs; et l'économie étant en première ligne dans ces sortes de composés, c'est au praticien, selon le prix de ces diverses substances, à faire ses combinaisons, pour employer de préférence, et en plus grande abondance, celles qui sont à meilleur marché.

DES ENDUITS EN MORTIERS.

179. Les enduits pour les murs et les plafonds peuvent s'exécuter aussi bien en mortier qu'en plâtre, ce qui leur donnerait d'ailleurs une grande durée. Dans les pays où l'on n'a pas de plâtre, comme on ne sait généralement pas se servir du mortier, on le mêle à des végétaux, à des poils d'animaux pour faire les enduits et leur donner quelque solidité: cependant il suffirait de savoir tirer parti des élé-

mens qu'on a sous la main pour obtenir beaucoup mieux.

Si les enduits doivent servir à rejoindre, à dresser des surfaces, on les compose de plusieurs couches; la première peut être en mortier de gravier, la seconde en mortier plus fin, etc.; ces mortiers étant d'autant plus hydrauliques que les enduits sont plus soumis à des causes d'humidité. La dernière couche se fait généralement en ciment passé au tamis et employé actif.

180. Les maçons sont assez gênés pour se servir des mortiers; on a déjà imaginé de leur faire enduire les mains avec du goudron pour éviter l'action corrosive de la chaux; mais ils peuvent éviter cette sujétion en employant un petit instrument qui sert à cette manutention dans le Nord : sorte de palette qui reçoit le mortier de façon que le maçon ne s'en imprègne jamais les mains. En général les instrumens du maçon qui fait les enduits, se composent de la bache pour faire le mortier, de la truelle, d'un grand vase pour contenir de l'eau, et d'un petit pour en prendre à volonté; d'une pelle pour mêler, de deux sacs, l'un contenant le ciment, l'autre du sable ou du plâtre [1], de quelques règles

1. La chaux de Toula, dont on se sert à Pétersbourg, est un ciment à 275. L'extinction complexe qu'on lui fait subir est tellement vicieuse, que cette chaux a perdu la moitié de sa qualité et presque toute son activité lorsqu'on l'emploie : aussi est-on souvent obligé d'y

en bois, et surtout d'une petite planche d'environ un pied carré, d'un pouce d'épaisseur environ, ayant un manche de six pouces de long, fiché perpendiculairement en son milieu, et qu'on peut nommer en français la palette du maçon.

Le ciment actif étant éteint immédiatement dans la bache, seul ou avec une certaine quantité de sable fin, selon les cas; le maçon, avec sa truelle de la main droite et la palette de l'autre, attend que par l'effet de l'extinction, le mélange liquide prenne la première consistance; alors il en prend deux ou trois truellées qu'il dépose vivement sur sa palette, tenue horizontalement, et, s'avançant vers le plafond ou la muraille à enduire, il reprend le ciment qu'il a déposé dessus, pour le lancer avec force; le ciment s'attache au mur, la palette est toujours prête à recevoir ce qui pourrait s'en détacher; lorsqu'elle est libre, le maçon s'en sert pour unir, par

ajouter un peu de plâtre. Au sortir du four, on l'étend par couches que l'on arrose avec de l'eau; on charge sur la couche éteinte une couche nouvelle qu'on arrose de même; toute la masse se réduit en poudre par un procédé d'extinction, par immersion, d'ailleurs assez économique. Cette chaux en poudre est transportée à Pétersbourg sur des bateaux, déposée dans des magasins, et soumise pendant le transport, qui se fait à la brouette, à l'action de la pluie et de l'air; ainsi elle subit une sorte d'extinction spontanée. Enfin elle est passée et jetée dans des fosses pour le service journalier (page 178.), ou donnée en sacs aux stucateurs. Si bien que lorsqu'on arrive à s'en servir, elle a subi les trois premiers procédés d'extinction (art. 89 et 95). Il serait difficile de la plus mal traiter.

un mouvement de la main gauche, le mortier qu'il vient de lancer; revenant à la bache, le maçon reprend une nouvelle provision de ciment, et toujours avec célérité; car le mortier actif, premier procédé, prend avec assez de rapidité quand on l'a bien conservé à l'abri de l'humidité. Lorsqu'on fait des moulures, on jette toujours le ciment de la même manière; mais les aplanissemens de surface sont exécutés par les moyens généralement usités; sinon qu'à plusieurs reprises et pendant plusieurs jours on jette de l'eau sur l'enduit avec un pinceau, et l'on frotte avec une palette plus petite que celle dont on vient de parler, pour unir les surfaces, fermer les gerçures, les empêcher de se former, et donner à l'enduit toute sa solidité.

181. Quant aux enduits qui doivent être exposés à l'action de l'air, de l'humidité, des pluies, des gelées; d'après mes observations, dans tous les climats, ils ne doivent pas être faits par couches successives, comme les enduits intérieurs.

Ses couches hétérogènes et peu adhérentes finissent par se détruire partiellement. Je vais décrire le mode de construction qui m'a le mieux réussi, et que j'ai employé avec succès, même pour des surfaces souvent submergées : tels que des enduits extérieurs de bassin, et soubassemens d'édi-

fices, placés aux bords de la mer ou des rivières.

Que le corps de la maçonnerie soit en blocaille, en briques ou en moellons, on commence toujours par dégarnir complètement les joints, ensuite on mouille à mesure du besoin; mais on attend que que l'eau soit imprégnée dans les murs, pour appliquer l'enduit dessus.

On fait l'enduit pour une seule couche de mortier de sables mêlés en forts graviers (art. 38) à 1/2 au moins ou au 2/5 de base hydraulique.

Si ce mortier ne doit pas être soumis à la gelée, on doit y laisser le sable fin; autrement on doit composer le sable mêlé de forts graviers, sables gros et sables moyens.

Si les cimens, dont seront tirées les parties enveloppantes de l'enduit, contiennent beaucoup de base ordinaire; si elle n'est pas en poudre impalpable, et qu'elle entre dans la composition comme sables ou graviers; attendu que l'enduit pourrait se détruire par leur décomposition particulière, on préfèrera les cimens à bases les plus résistantes; par exemple, pour les cimens factices, les bases bien calcinées ou torréfiées fortement.

Mais le meilleur mortier serait fait avec du ciment sans bases ordinaires, et sables mêlés très-résistans.

Ce ciment de 4e consistance sera mêlé au sable

gros et moyen, et par suite au gravier, sans addition d'eau; et immédiatement appliqué sur les murailles à revêtir, sur une épaisseur moyenne d'un pouce environ.

Si les interstices des pierres pouvaient laisser quelques grands vides, on les remplira avec des recoupes en écharpes, quelques instans d'avance.

On ne doit enduire ainsi qu'une portion de surface limitée dans un jour. Car appliquer l'enduit en surface unie est la moindre partie du travail. Il faut encore, soit avec la truelle, soit avec une petite palette de maçon garnie avec une feuille de tôle, frotter fortement la surface de l'enduit d'un bout à l'autre, et revenir plusieurs fois sur soi-même, non-seulement le jour de l'application, mais encore le lendemain.

Voici ce qui se passe et comment on reconnaît que l'enduit est terminé.

De prime abord, l'enduit que l'on vient d'appliquer ressemble à une surface rugueuse, dans laquelle on aperçoit le gravier en partie saillante et en quelque sorte desséchée, car à peine aperçoit-on que la partie enveloppante soit suffisante : mais à mesure que l'on frotte, on peut même battre, massiver, pour faire pénétrer dans les joints, l'aspect graveleux est remplacé par l'aspect sablonneux, et bientôt après tous les pores se bouchent, la partie enveloppante ressort, recouvre toute la sur-

face, qui devient unie comme si elle avait été faite avec le sable le plus fin.

Comme première opération le travail est terminé; l'enduit en place est très-égal, mais il est au plus de première résistance; en appuyant dessus, il a encore de la mobilité; quelques heures après s'il fait chaud, ou plus tard si le temps est humide, avant que l'enduit n'ait pris tout-à-fait corps, on doit encore le lisser.

Si l'on enlève quelque partie, soit par accident, soit pour redresser, on peut ajouter un peu d'enduit neuf, ou mouiller légèrement avec un pinceau, pour lisser avec plus de facilité; mais en général il vaut mieux par du travail faire reparaître l'eau latente du mortier que d'en ajouter. Enfin, on lisse encore une troisième fois, le lendemain s'il y a lieu, c'est-à-dire si l'on trouve que la surface se soit le moins du monde altérée.

Ces sortes d'enduits ne se gercent jamais, par l'excellente raison qu'ils sont composés d'une couche de sables et graviers, juxtaposés grain à grain l'un contre l'autre; la partie enveloppante n'en occupant que les vides, et sa diminution de volume ne faisant rien à celle de la masse. Ces enduits résistent aux intempéries parce qu'ils sont composés de mortiers hydrauliques, et long-temps aux gelées, parce que les graviers ou forts élémens qui les composent en partie, sont bien plus difficiles à entamer que des

mortiers à sable fins; pourvu qu'on les applique au commencement de la saison, afin qu'ils aient 6 à 8 mois, pour se consolider.

Les enduits intérieurs peuvent être peints avec tous les badigeons que l'on saura composer avec les substances n° 1; mais pour les enduits extérieurs nous recommandons de les imprégner à chaud avec des huiles, des cires, des résines du n° 2, principalement pour les lieux humides ou exposés aux pluies et aux gelées: c'est le seul moyen véritablement conservateur que nous puissions recommander (art. 178).

Toutes les peintures composées avec les huiles mêlées à des couleurs ordinaires et qui ont peu de corps peuvent, après quelques années, demander à être renouvelées; mais, dès qu'elles contiennent des cires, des résines, il suffit d'une fois; et s'il arrive un temps où elles n'ont plus assez d'efficacité, les mortiers hydrauliques ont alors acquis assez de solidité pour présenter une suffisante résistance aux causes ordinaires qui pourraient tendre à les altérer (art. 99).

DES MORTIERS

EMPLOYÉS COMME MOYENS DE LIAISON DE LA MAÇONNERIE DES BLOCAILLES.

182. L'on a déjà nommé mortier, tout mélange de chaux ou ciment avec une base; mais on donne

souvent à ce nom un sens plus étendu, et les terres délayées avec de l'eau et presque toujours mêlées de sable, se nomment aussi mortiers.

La chaux jointe au sable offre effectivement un résultat identique avec celui des terres, même solubilité dans l'eau, même retrait, aussi peu de durée, etc., et l'on pourrait aussi la nommer terre détrempée.

La chaux ne commence à donner des résultats particuliers que lorsqu'elle est mêlée avec des bases hydrauliques; alors les mélanges avec les sables, après plus ou moins de temps, finissent toujours par devenir insolubles dans l'eau, et augmentent de résistance avec les années. Ce sont là les plus parfaits mortiers; les mortiers de terre n'en portent le nom que par extention, et parce qu'ils servent à des usages analogues: quant aux véritables mortiers, on les nomme mortiers hydrauliques.

On peut à ce sujet proposer de suite un grand moyen d'économie; toutes les fois que l'on pourra trouver des terres principalement argileuses, aussi résistantes que les mortiers communs de chaux pure, que font les maçons, on pourra les substituer à ces derniers; les maisons n'en seraient pas moins solides, pour être construites en terre; il est assez inutile de payer des frais de combustible pour calciner des pierres, afin d'obtenir un liant qui pourrait coûter dix fois moins.

DES MURS.

183. Nous comprenons sous le nom de maçonnerie de blocage, celle dans laquelle les matériaux sont placés sans ordre, quelles que soient leurs dimensions. La maçonnerie de bétons en est le type ; on a dit comment on devait procéder à leur fabrication (art. 173).

Les anciens nous ont laissé des édifices entièrement composés avec du mortier de blocailles et de sables mêlés, ils arasaient et battaient de trois pieds en trois pieds ; les modernes, et notamment à Saint-Pierre de Rome, voulurent les imiter, mais ils négligèrent cette précaution ; et, pour ne pas avoir massivé le soubassement et le mur circulaire qui soutient ce dôme gigantesque, on fut obligé de l'envelopper avec des cercles de fer, pour assurer sa solidité menacée, et retarder probablement de quelques siècles la chute d'un édifice qui sera doublement cité parmi les exemples célèbres de dépenses improductives.

Les Romains ont aussi construit des voûtes entières en maçonnerie de blocage, ainsi qu'on le remarque aux Thermes, aux théâtres, aux cirques, au Colysée ; ils les moulaient sur des cintres qui portaient en relief des caissons et autres ornemens ; et reliaient souvent par des chaînes en briques. On les a imités dans beaucoup de constructions

modernes, en Espagne, etc. [1] : dans quelques parties de l'Italie on bâtit encore de cette manière ; mais dans beaucoup d'autres lieux on construit les maisons en pisé, c'est-à-dire avec de la terre humide massivée.

Les constructions en mortier de blocailles étaient parfois maintenues par des paremens en briques, en pierres, etc.; souvent à la manière du pisé, elles se moulaient dans des caisses mobiles en planches, en battant très-fortement avec des pilons et des dames en madriers.

Peu de personnes conçoivent la possibilité de massiver des mortiers, parce qu'on suppose toujours qu'un mortier est un corps liquide qui fuit nécessairement sous le pilon, et comme l'eau et les pierres sont sensiblement incompressibles, il y aurait quelque folie à recommander de les battre, aussi bien réunis que séparément.

Ce seul fait prouve, que les mortiers romains n'étaient pas liquides. En supposant qu'ils fussent de 3e ou 4e consistance au moment de la confec-

1. Le pont de Lladonet, à 6 lieues de Barcelonne, composé de deux rangs d'arcades placés l'un sur l'autre, est entièrement construit en maçonneries de blocailles. Ce pont, que la rupture d'une des arches inférieures avait fait abandonner, pour avoir trop précipité sa construction, fut repris, et fut élevé à 150 pieds de hauteur sur une longueur de 7 à 800, avec un plein succès, par M. de Bétancourt. La maçonnerie en fut massivée, et l'on ne permit le passage des voitures que deux années après sa construction.

tion, l'instant de repos qu'ils pouvaient avoir jusqu'au moment de l'emploi, leur donnait la première résistance (art. 75); si bien qu'au moment de s'en servir et de les jeter à la pelle dans les encaissemens en pierres, en briques ou en bois qui devaient les recevoir, ils devaient laisser entre eux, comme des terres franches brisées, des vides qu'on ne pouvait les obliger à remplir qu'en les battant fortement. Dans cette opération, l'eau rendue latente par le mortier devait reparaître, le mortier revenait à son état de 4e consistance, en se moulant parfaitement. Les couches supérieures ajoutées devaient encore aider au retrait successif de ces masses de mortiers de blocailles, qui d'ailleurs doivent en offrir très-peu, si l'on n'emploie que la quantité de parties enveloppantes nécessaire pour remplir les vides des parties enveloppées, qui, portant l'une sur l'autre, présentent toujours une masse d'un volume constant.

La difficulté d'obtenir des mortiers qui résistent mieux aux intempéries que les terres, a sans doute été une des causes qui ont empêché jusqu'à présent l'usage de construire en mortier de blocailles, de se répandre dans le nord.

Cependant ces constructions sont si solides et surtout si peu coûteuses, qu'il est à désirer de les voir se reproduire; et comme on peut faire partout des mortiers hydrauliques, il peut être très-

utile d'en recommander l'application, surtout dans les pays où l'on n'a que des cailloux roulés et de très-petites pierres : pour les gros murs et les voûtes, pour les massifs entiers de ponts, d'aquéducs, de conduits d'eau, etc.; en employant les mêmes précautions que pour le pisé, il n'est presque pas d'espèce de travaux qu'on ne puisse entreprendre, et d'une manière fort économique; car on estime qu'il faut un tiers de mortier dans les maçonneries de moellons, et l'on en emploierait plutôt moins que plus dans la maçonnerie de blocaille (art. 38); d'ailleurs des pierres qu'on trouve en débris, sont toujours meilleur marché que des pierres extraites des carrières, et je pense qu'il en coûterait moins de main-d'œuvre pour toute espèce de construction.

Parmi les usages variés qu'on pourrait faire des mortiers hydrauliques employés avec des blocages, nous citerons encore les aires, les terrasses, les pierres factices et les bétons.

DES AIRES.

184. Il est à regretter que les modernes n'aient pas hérité du goût que les anciens avaient pour les aires en mosaïques, en stuc, et dont les Italiens ont encore conservé quelques traces. On battait fortement le sol, on le garnissait avec des fragmens de pierres, on massivait dessus une couche de

béton; sur cette couche une couche de mortier de gravier, et l'on terminait par une couche de stucs colorés, en mortiers de chaux ou de ciment, sur laquelle on appliquait un enduit de cire analogue à l'enduit n° 2 (art. 178).

On fait encore beaucoup de terrasses en Italie, en Turquie, en Perse et dans tout le midi de l'Europe; je pense que tous les pays qui ont un climat tempéré, et principalement la France, ne devraient pas renoncer aux avantages qui résultent de cette manière de couvrir les maisons. J'espère que la confection des mortiers hydrauliques, devenue commune et écononique, opérera chez nous cette heureuse amélioration; il pourrait en résulter agrément, salubrité et économie.

Nous n'entreprendrons pas de détailler tout le bien-être qui pourrait ressortir pour la population des villes, de la substitution des terrasses aux toits; il nous suffira de dire que ce serait une des plus heureuses innovations que l'industrie puisse entreprendre de propager, et qu'elle appelle l'attention des entrepreneurs.

Sur les bords de la mer Noire et de la mer d'Asof, les Tartares font leurs terrasses avec des terres massivées qui reposent sur les clayonnages portés par les poutres qui servent de plafond à leurs chaumières; sur les bords des golfes de Finlande et de Bothnie, l'on fait des terrasses inclinées en terres

recouvertes de gazon. Chaque fois qu'il pleut, le Tartare massive la terrasse de sa maison, et la hie dont il se sert, composée d'un morceau de bois en forme de bateau, avec un manche en guise de mât, est toujours en permanence sur son toit. En Italie, on fait des terrasses soit sur les voûtes des édifices, soit sur des planchers, recouverts de végétaux, en massivant à plusieurs jours d'intervalle une couche de béton de 6 à 8 pouces, de manière à la réduire au minimum de son épaisseur; on la recouvre de sable ou de terre pour lui procurer une dessiccation ménagée. Souvent on compose la terrasse d'une première couche en forte blocaille, que l'on bat parfaitement; une seconde en mortier de gravier, et la dernière en mortier de sable fin, appliqué par-dessus avec les mêmes précautions; on pourrait mettre la première en ciment à 1/4, la seconde en ciment à 2/5, et la couche supérieure en ciment à 1/2.

185. Si l'on avait à couvrir par une terrasse des bâtimens, soit dans nos climats, soit même plus au nord, on pourrait procéder ainsi :

Sur la dernière assise des murs arasés de niveau, l'on placerait un châssis en charpente ou sablière, maçonné avec le mastic n° 6 (art. 178).

Les demi-poutres du plancher, placées de champ, reposeraient sur la sablière; leurs deux extrémités, étant maintenues et défendues par deux pièces

transversales avec lesquelles elles seraient fixées, et qui formeraient encadrement avec les deux demi-poutres extrêmes; des fils de fer menés perpendiculairement aux pièces, seraient attachées avec des clous à ce cadre, ainsi que deux autres cours dans le sens des diagonales.

C'est sur ce réseau en fil de fer, soutenu d'abord avec quelques planches par dessous, qu'on appliquerait une couche de béton hydraulique de plusieurs pouces d'épaisseur; il serait doucement battu avec des battes en bois; on le recouvrirait successivement avec des couches de mortiers hydrauliques en sables mêlés parfaitement, pressés et lissés.

On couvrirait pour quelque temps cette terrasse, en lui laissant des pentes propres à rejeter les eaux; puis on terminerait par l'enduire avec les peintures à chaud n° 2, ou, mieux encore, on pourrait l'imprégner avec des enduits n° 4; si elle avait à souffrir des chocs, on la couvrirait avec un pavage en pierres, en briques, à plat ou de champ, scellées avec les mortiers n° 6. Les cheminées pourraient s'élever sur les faces latérales, de manière à donner la jouissance entière de la terrasse, elle serait ornée d'arbrisseaux, de fleurs, et recouverte par une tente.

L'on pourrait construire d'une manière analogue, les citernes, les bassins qui doivent contenir des eaux; les fonds des caves qu'on voudrait rendre

impénétrables; les fosses d'aisance, voisines des puits, les sols propres à former des sources artificielles, les conduits d'eau, etc.

Nous avons fait l'expérience de l'impénétrabilité donnée aux surfaces par les compositions à chaud, et nous pouvons répondre aux personnes qui voudraient entreprendre ces sortes de travaux, que les mortiers hydrauliques, d'ailleurs tout-à-fait insolubles dans l'eau, mais pourtant susceptibles d'en absorber, deviennent tout-à-fait à l'abri de suintemens des eaux et de détériorations par les gelées, lorsque leurs surfaces bien travaillées, même avec peu d'épaisseur, sont parfaitement imprégnées des compositions citées.

DES PIERRES FACTICES.

186. On peut aussi, avec les mortiers hydrauliques, faire des pierres factices en pleine sécurité; on moule ordinairement le mortier de blocaille, selon la grandeur des pierres que l'on veut obtenir, puis on le place sous terre pendant un an ou deux: je voudrais qu'on imitât la nature, et que, non content de battre, de presser ces pierres factices avant de les mettre sous terre, on les plaçât dans des fosses profondes, en les empilant les unes sur les autres, et surtout en les arrosant avec des eaux de ciment tout le temps qu'elles resteraient enterrées.

DES BÉTONS.

187. Il nous reste à parler de la maçonnerie de blocailles ou bétons coulés dans l'eau, et qui, étant placée hors de vue, hors de portée, présente dans l'exécution de nouvelles difficultés.

Pour bien nous entendre, récapitulons ce qui a été dit sur la composition des mortiers et des bétons (art. 38 et 170); la première partie enveloppante est le ciment composé d'élémens chimiques, une seule fois solubles dans l'eau, pour être insolubles à jamais.

Les parties enveloppées, toujours insolubles et inégalement résistantes, commencent par être des poudres, des bases ordinaires; c'est ainsi qu'on obtient presque tous les cimens naturels et les cimens factices sans exception; c'est avec ces cimens que l'on fait les couches supérieures des enduits des stucs.

Considérés à leur tour comme parties enveloppantes des sables fins, moyens, séparés ou mêlés; ils donnent naissance à des mortiers hydrauliques, qui sont employés dans une foule de constructions variées; ces mortiers, étant considérés comme partie enveloppante de graviers de cailloux brisés, auxquels on peut les mêler, constituent les bétons, qui peuvent aussi devenir à leur tour parties enveloppantes de blocailles, ou débris

de pierres de plus fortes dimensions, etc.; et l'on peut continuer ainsi jusqu'à des blocs de pierres même, qui sont une sorte de béton, qu'il peut être utile d'employer dans les travaux de grande dimension. Dans cette échelle continue des mortiers aux bétons, les diamètres des élémens des parties enveloppées doivent être environ le sixième les uns des autres, et le minimum de parties enveloppantes être égal, en volume, à la somme des vides des parties enveloppées. Enfin, les résistances des masses sont fonction composée du titre ou temps de la prise du ciment pur (art. 10), et de la qualité des bases, sables et pierres qui leur sont mêlés; ce qui doit motiver des préférences, selon la sorte de résistance que l'on veut obtenir (art. 31).

D'où l'on voit que les bétons seront d'autant plus résistans (art. 27 et 38) et d'autant plus économiques qu'ils seront composés d'élémens de plus forte dimension.

En conséquence, on se gardera bien de leur assigner une limite de grosseur; nous n'en donnerons pas d'autre que celle commandée par la convenance et la possibilité.

Pour les fonds de citerne, pour les bassins à bords de petite épaisseur, on emploiera des bétons de gravier; pour des fonds d'écluse, de pertuis, des fondemens d'édifice de moyenne dimension, des bétons de cailloux; pour les bassins de radoub, des

masses d'épaisses murailles exposées à la mer, des bétons de pierre; dans ces derniers, on met un grand excès de mortiers de cailloux en parties enveloppantes, et l'on emploie des pierres de grosseur variée.

Tant que les bétons ne contiennent que des élémens au-dessous de la grosseur d'un œuf, on peut les brasser dans la machine à mêler; mais au-delà, on serait obligé d'en faire une de plus forte dimension, et mue par plusieurs chevaux; enfin, il arrive un moment où les bétons seraient trop difficiles à malaxer, et dès lors les fortes pierres s'ajoutent par couche au milieu des masses immergées.

188. Lorsqu'il s'agit de placer du béton sous l'eau, pour en composer des masses impénétrables, la manière de le couler a exercé depuis long-temps la sagacité des ingénieurs; les opinions se partagent entre deux procédés : celui de les couler dans une caisse à fond mobile, ou susceptible de se renverser; celui de le répandre directement sous l'eau à l'aide d'une trémie. Ces deux procédés sont bons; mais, de même que beaucoup de procédés que nous avons indiqués, ils sont bons quand ils sont bien employés.

On doit préférer la trémie, armée d'une cheminée de longueur convenable pour conduire le beton jusqu'au fond de l'eau, partout où l'on peut établir un échafaudage pour la guider, soit en la

faisant porter sur un bateau, sur des flotteurs, soit sur un plancher fixe.

On prépare tout pour qu'elle puisse se mouvoir sur une ligne, et l'on place dans le fond de l'eau deux surfaces verticales rectangulaires en bois ou en fer, entre lesquelles elle devra se promener, et qui maintiendront le béton à mesure qu'il s'échappera de la trémie; si bien que le béton coulé sera un prisme horizontal à arète vive (page 237). Au retour de la trémie, on coule un second prisme parallèle, et à mesure qu'elle avance, on retire la surface intermédiaire aux deux prismes, au moyen de perches ou de cordes, selon le moyen que préféreront les ouvriers pour la manœuvrer.

Si l'on a eu le soin de faire le mortier très-hydraulique et sans excès de parties enveloppantes, si l'on a rempli complètement de béton la trémie avant que de l'immerger, et qu'on n'en ouvre l'orifice inférieur qu'au moment où l'on peut remplacer en haut le béton qui s'écoule en bas; il en résultera très-peu de trouble dans l'eau, et l'on n'aura aucun délavement du béton, ni par l'eau qui s'introduirait dans la trémie, ni par les parties de béton coulé qui ne pourront se mettre en talus, puisqu'elles seront maintenues verticalement par les surfaces directrices (art. 237).

Lorsque les mortiers hydrauliques sont mal faits, peu consistans, qu'ils contiennent des chaux

pures en abondance ; si on les jette dans la trémie lorsqu'elle est encore remplie d'eau, avant que d'arriver au fond, ils ont abandonné une partie de leur chaux, et sont en partie désagrégés ; ils prennent difficilement, finissent par se recouvrir d'une masse de chaux en bouillie, qui ne durcit jamais dans l'eau, et finit par empêcher l'union complète des couches de béton, qui doivent être superposées l'une sur l'autre. Il est beaucoup plus facile d'empêcher cette chaux délavée de se produire, que de s'en débarrasser. Ordinairement on pompe, on cherche à établir un léger courant d'eau, etc.

Si l'on était bien pressé de couler une grande fondation en béton, comme il est très-difficile d'avoir assez de bras et de machines pour satisfaire à la manutention instantanée d'une grande quantité de béton, on pourrait faire des prismes de plusieurs pieds cubes en forme d'énormes briques, en employant le ciment actif deuxième procédé d'extinction (art. 21). Comme il prend lentement, on aurait le temps de l'amalgamer avec les pierres, et de le mouler dans des caisses. Ces briques faites à l'avance, seraient immergées sur les prismes coulés par la trémie, toutes séparées les unes des autres dans tous les sens, de manière à ce que la trémie pût facilement passer entre eux, il en résulterait que pour la couche supérieure, on n'aurait pas

besoin des surfaces directrices ; il suffirait de remplir entre les briques avec le béton en pâte.

L'immersion avec les caisses, qui convient pour les petits travaux, a pourtant le grave inconvénient d'agiter l'eau, et de livrer les bords des masses de béton à l'action du fluide ; et, comme elles ne sont jamais bien juxtaposées l'une à côté de l'autre, il reste des intervalles, des inégalités, qui, pour être remplis, obligent toujours plus ou moins à rompre ces masses, en les livrant de plus en plus à l'action dissolvante de l'eau ; des briques placées comme les cases noires d'un damier, et dont l'on remplirait les cases blanches par une caisse de béton d'un seul coup, pourraient bonifier et accélérer considérablement cette opération.

Comme les bétons coulés dans l'eau sont dans le cas d'un corps dont tous les vides sont remplis au moins par de l'eau, il serait très-inutile de le battre, et toujours nuisible, puisqu'on ne pourrait obtenir d'autre résultat que de l'agiter. Comme l'emploi des caisses le règle assez mal, on doit essayer à l'étendre couche par couche en le comprimant, pour qu'il remplisse les vides qui pourraient s'être formés par la superposition des couches.

Le béton, comme le mortier, doit être coulé de 4ᵉ consistance ; au-delà, les parties ne reprendraient pas : voyez à ce sujet l'article 85, et pour l'emploi

des bétons anciennement fabriqués ou desséchés, les art. 89 et suivans.

Les chaux actives ne peuvent être employées pour faire les bétons, attendu la rapidité de leur prise, la nécessité d'attendre qu'ils soient froids et de 1re résistance pour les immerger; les personnes qui coulent des mortiers hydrauliques brûlans, peuvent consulter le tableau de l'article 79.

Quant au titre des bétons, l'économie engage à le choisir le plus élevé pour les cas de première nécessité; quant aux bétons à bas titre, on doit s'en servir partout où l'on peut les employer sans danger.

Pour des fondations soumises à une eau courante, il faut absolument encaisser les travaux; on peut couler la masse entière en béton à 1/2, ou prendre des bétons à 1/2, 3e et 4e consistance pour faire le pourtour, et si l'on a de grandes masses comme des piles de ponts, des massifs de grands édifices, des jetées en mer, etc., couler l'intérieur en beton à 1/3 ou à 1/4, fabriqué depuis quelques jours, plusieurs fois remanié et immergé au 4e degré de consistance; on ferait bien de lancer au milieu de ces masses de bétons, de gros blocs de pierre en telle quantité qu'on voudrait, pourvu qu'ils fussent définitivement bien enveloppés de béton. Dans le cas où l'eau serait

dormante, on pourrait employer des bétons à 2/5 et même au-dessous (art. 101).

Ces moyens de couler le béton, bien exécutés, réussissent, surtout avec des cimens à 1/2; mais ils n'en sont pas moins l'enfance de l'art. Chercher à unir des masses de maçonnerie entre elles, au milieu d'un fluide qui tend à les détruire, ne peut pas être la meilleure manière de procéder; aussi dans le cas où l'on rencontre des sources dont on ne peut ni détourner, ni comprimer le cours, on est souvent plus qu'embarrassé; les constructions, qui demandent d'ailleurs beaucoup de temps pour se consolider, ne réussissent pas toujours, car la partie enveloppante, entraînée par les mouvemens de l'eau, est souvent séparée des parties enveloppées.

Nous avons cherché depuis long-temps à imaginer quelques procédés nouveaux qui puissent parer à ces inconvéniens, et nous en avons trouvé; mais ce n'est pas l'instant de les décrire, ils nous jetteraient hors de notre sujet. Ils seront l'objet de développemens particuliers, dans l'ouvrage que nous nous proposons de publier sur les constructions sous-marines.

DE QUELQUES NOUVEAUX PRODUITS.

189. L'on trouvera dans la connaissance appro-

fondie des mortiers hydrauliques, matière à de nouvelles branches d'industrie.

En rassemblant des pierres calcaires diversement colorées, des débris de marbre, on composerait des blocs factices qui pourraient être sciés, polis comme des marbres mêmes, et donner des dessus de meubles, des ornemens de cheminées, des dalles, des carreaux, etc.

On pourrait faire des mosaïques sans beaucoup de peine; supposons une grande caisse de la grandeur de la mosaïque désirée, et dans laquelle devrait se couler le mortier, on ferait façonner des bâtons ou tubes, cannelés de telle sorte que placés debout les uns à côté des autres, dans l'ordre voulu sur le fond de la caisse, ils dessinassent parfaitement cette mosaïque; on les fixerait ainsi d'une manière quelconque, mais surtout très-verticalement, alors on coulerait dans la caisse le mortier en pâte homogène, dans toutes les places qui ne seraient pas occupées, et qui formeraient le fond de la mosaïque; on attendrait qu'il ait pris corps pour retirer soigneusement chaque petit moule, qui devrait avoir un peu de fuite, et l'on remplirait aussitôt avec des mortiers diversement colorés, les espaces vides; par la suite, en sciant cette masse parallèlement à sa base, on aurait autant de mosaïques semblables qu'on pourrait en faire de tables.

Il est encore d'autres applications qui offriraient de précieuses ressources à la société, et que je recommanderais particulièrement aux personnes en état d'en comprendre toute l'importance, aux méditations des hommes assez ingénieux pour les faire avec succès ; il faudrait fabriquer avec des mortiers hydrauliques, des pierres à filtrer, des pierres à repasser, et des pierres à moudre, etc. On ferait les premières en mêlant dans le mortier des élémens poreux ou solubles après la confection, soit dans l'eau, soit dans un acide, etc., ou en employant des matières qui pourraient se détruire après la fabrication, etc.

On obtiendrait des meules à repasser, en mêlant des poudres de grès avec le mortier ; des cimens purs employés fins, donneraient des pierres à aiguiser, des pierres à polir, etc.

Il est peu de pays dans lesquels on ait de bonne pierre à moudre ; celles que l'on préfère sont en pierres meulières, mais il en existe très-peu de carrières, la pierre meulière étant fort rarement en grande masse. Les principales qualités que l'on exige de ces sortes de pierres, sont d'être dures et poreuses ; or, partout où l'on trouvera des élémens qui possèdent ces qualités, on pourrait les réunir par un bon mortier hydraulique, et obtenir d'excellentes meules pour toute espèce de mouture.

J'avance ces idées, qui ne sont point approfon-

dies, et qui me sont suggérées par le sujet; si je ne suis pas forcé de les abandonner, je donnerai plus tard les résultats de mes recherches.

DES MORTIERS

EMPLOYÉS COMME MOYENS DE LIAISON DE LA MAÇONNERIE D'APPAREIL.

190. Les anciens ont fait beaucoup de constructions en gros matériaux, sans employer de moyens de liaison entre eux; ils les plaçaient à sec les uns sur les autres, après les avoir frottés avec du grès et de l'eau, de telle sorte qu'ils fussent bien juxtaposés; ils faisaient ainsi et des murs droits et des voûtes.

Depuis bien des siècles, on a trouvé mieux de couler du mortier dans tous les joints; avoir un moyen de liaison entre les matériaux, quelque stabilité que leur masse puisse offrir, doit toujours être avantageux; toutes les fois que cette extrême facilité de remplir les vides par du mortier ne sert pas, comme dans beaucoup d'édifices, à cacher des vices de construction.

191. Pour placer entre les lits horizontaux des pierres de taille d'un mur droit, on prendra du mortier hydraulique à sable fin, 2e consistance (art. 75).

Pour les joints verticaux, on prendra du mortier à 1/2 avec sable fin qu'on emploiera actif

(art. 21), on le coulera aussitôt que mêlé avec l'eau, et pendant qu'il est encore très-liquide. Ce mortier a très-peu de retrait, il prend corps promptement et solidifie toute son eau.

Cette méthode est bien préférable à celle consacrée dans plusieurs pays, où l'on coule les joints avec des substances solubles dans l'eau; je citerais pour exemple les constructions de Paris, dont les joints de toutes les pierres d'appareil sont coulés en plâtre; combien ne trouve-t-on pas d'édifices, en Angleterre, en Allemagne, en Russie, qui sont maçonnés en chaux, et de la plus pure.

Cette légère attention dans la construction causerait cette extrême différence par la suite : que des circonstances variées, qui peuvent soumettre avec les ans, les intérieurs des murs aux intempéries, seront toujours nuisibles aux mortiers de plâtre et de chaux, tandis qu'elles seraient autant de raisons de durée pour les mortiers hydrauliques.

Si l'on n'a pas d'assez bon ciment pour l'employer actif; il faut appliquer le mortier hydr. 3[e] consistance, contre la face verticale des pierres, et les resserrer en joints.

Pour occuper les joints des voussoirs des voûtes en pierre d'appareil, on prendra du mortier hydr. à sable mêlé 2[e] ou 3[e] consistance, selon l'inclinaison des plans de joints. Suivant les idées modernes, le mortier est employé dans la double

intention de relier les pierres entre elles, et de servir de coussins qui puissent se prêter aux efforts qui peuvent diversement s'opérer dans le décintrement; on pourrait faire usage de mortier éteint et actif pour égaliser les pressions; il faudrait l'employer actif partout où l'on voudrait résister à une grande force; éteint et comprimé 3ᵉ consistance, partout où l'on voudrait avoir du retrait et de faciles compressions.

Pour les voûtes en petits matériaux, briques ou moellons, on maçonnerait l'intrados en mortier hydraulique actif; les reins en mortier hydraulique éteint 3ᵉ consistance.

On aurait ainsi réuni presque tous les avantages que peut offrir le plâtre, à ceux d'une construction durable.

192. Il est une certaine manière de faire de la petite maçonnerie d'appareil, qui est aujourd'hui très-répandue en Europe. On emploie du moellon, et principalement de la brique, dans tous les pays où l'on manque de pierres, dans ceux où l'on n'en trouve que de très-difficiles à travailler; comme les granits, par exemple. En Angleterre, en Russie, en Suède, on emploie beaucoup de briques, et toutes les constructions modernes s'exécutent ainsi que nous allons l'expliquer.

Quelle que soit la construction entreprise, maisons particulières, édifices publics, travaux hydrau-

liques, on les construit assise par assise. Les briques du pourtour de la construction, sont appliquées à la main, après les avoir mouillées, sur un lit de mortier de 3e à 4e consistance précisément égal à la surface horizontale de la brique, sans que le parement en soit débordé : une petite truellée de mortier, placée à l'avance sur la petite face verticale qui doit s'appliquer contre les briques précédentes, remplit le joint. C'est en petit, le procédé de pose de la maçonnerie d'appareil.

Le pourtour ainsi terminé, on jette au centre de la muraille du mortier en pâte avec une pelle ou des truelles ; et si l'on emploie du ciment actif, on verse avec le sac ce ciment en poudre, ensuite on ajoute de l'eau sur le mortier ou le ciment, avec de petits baquets à main d'un tiers de pied cube environ ; on agite avec la truelle, et le tout se réduit en eaux de chaux ; elle remplit toute la surface de la maçonnerie, qui ressemble alors à une sorte de vase, dont les dernières briques placées au pourtour sont des parois. Alors on se hâte de placer sur le mortier fluide des briques de remplissage, qui sont souvent les qualités inférieures obtenues dans chaque fournée. En un instant, l'assise de briques se trouve terminée, et je ne connais pas de façon de maçonner plus expéditive ; un bon maçon emploie de 5 à 8 cents briques par jour ; alors on recommence à placer

de nouvelles briques de paremens, etc., etc.

193. Cette manière de construire, exécutée en moellons ou en briques avec des cimens actifs, donne des maçonneries qui peuvent être submergées immédiatement; j'ai fondé ainsi, par épuisement, en laissant élever l'eau à mesure de l'avancement des travaux, qui toutes les nuits étaient submergés, sans que notre dernière assise eût souffert.

Dans une eau courante intermittente, telle que peuvent l'offrir les fleuves à leurs embouchures, par l'effet des basses et hautes marées; le travail commencé pouvant se trouver tantôt submergé, tantôt à sec, si l'on est bien pressé, rien n'empêche d'y travailler dans tous les cas; à basse mer, on construirait le pourtour en maçonnerie de mortier hydraulique à 172 employé actif (art. 21), et à haute mer, on remplirait le milieu avec du béton de mortier hydraulique quelconque.

194. Si l'ouvrage devait résister à une grande puissance, soit de la part des eaux, des glaces, etc., au fur et à mesure de son avancement, ou immédiatement après sa construction; il serait de la plus absolue nécessité d'employer des mortiers hydrauliques actifs dans toute l'épaisseur des masses; alors il suffit de quelques jours, de quelques mois, pour obtenir des maçonneries plus résistantes qu'on ne pourrait les espérer après le même nombre de mois et d'années (art. 21 et 78);

mais on ne peut trop recommander de n'employer jamais de ciment au-dessous des deux cinquièmes, dans la composition des mortiers hydr. actifs, et de leur donner toute leur eau ; tout autre mortier, principalement sur les faces en contact avec le fluide, ne pourrait pas être employé sans danger (art. 101).

195. Dans des massifs de fondation en pleine terre très-humide, et même au-dessous des eaux, il suffit de construire en mortier hydraulique. Si les eaux doivent envahir les fondations, à mesure qu'elles s'élèvent, il n'y a nul danger; mais si l'on veut éviter toute espèce de tassement, ainsi qu'on pourrait les redouter dans les fondemens d'un grand édifice public, il faut alors les construire entièrement en mortier hydraulique actif, ou battre les pierres, assise par assise, ainsi que le pratiquaient les anciens en employant des mortiers hydrauliques 4e consistance.

Si l'on avait à reconstruire à neuf, un mur élevé, à relier une aile de bâtiment avec plusieurs autres, etc., etc., circonstances dans lesquelles on pourrait craindre des tassemens inégaux, l'emploi des mortiers hydrauliques actifs ou l'attention de massiver d'une manière mesurée, assise par assise, permet d'élever des constructions qui n'ont aucun tassement sensible, et je signale ce moyen comme assuré, pour l'avoir employé plusieurs fois avec succès.

L'on peut remarquer que les détails précédens sur l'emploi des mortiers hydrauliques découlent des principes suivans : employer des mortiers hydrauliques partout où il y aura de l'eau, de l'humidité, exposer les plus hydrauliques à l'action des fluides, les employer actifs autant que possible, soit pour résister à l'eau, soit pour résister aux crues, aux pressions, et toutes les fois qu'on voudra que l'intérieur des maçonneries soit bientôt séché; enfin ne se servir des mortiers peu hydrauliques que pour les intérieurs défendus par les mortiers très-hydrauliques.

On terminera cette revue des principaux emplois des mortiers par une application sommaire à la construction d'un grand édifice public.

APPLICATION A LA CONSTRUCTION D'UN ÉDIFICE.

196. Les fondemens immergés seraient faits ainsi qu'il vient d'être dit; les fondemens à l'humidité seraient construits en mortier hydraulique à 172, 4e consistance, et si l'on se servait de moellons, on emploierait généralement deux espèces de mortiers : l'un de sable moyen ou gros, l'autre une espèce de béton composé de recoupes, cailloux ou blocailles; le premier servirait à former le lit sur lequel le moellon serait posé, et le second à remplir d'un seul coup les intervalles qui

pourraient rester entre eux, ce que je crois bien préférable aux soins que l'on prend dans beaucoup de pays de combler ces intervalles avec des recoupes pressées à la main, et qui sont toujours fort mal imprégnées de mortier, etc.

Si les caves pouvaient être submergées, on les construirait comme en Hollande, avec des briques ou d'autres matériaux, maçonnés avec du mortier hydraulique à 1/2, ou même aux 2/5; partout où l'on se servira de briques, on emploiera du mortier à sable moyen, et quelquefois même à sable gros, tandis qu'avec les moellons, on peut sans inconvénient employer même des graviers.

194. Les voûtes des caves placées sous les appartemens, peuvent être en mortier hydraulique à 1/3 et au-dessous; celles qui sont placées sous des cours, des écuries, des lavoirs, etc., et susceptibles d'être pénétrées par les eaux, seront faits en mortier hydraulique au 2/5; on devra même, pour plus grande précaution, les recouvrir d'une chappe, selon les règles de l'art, en mortier hyd. à 1/2, enduite avec la composition n° 2 (art. 178).

Les soubassemens à trois et quatre pieds au-dessous du sol, et à huit ou dix au-dessus, plus ou moins, selon les climats, seront construits en mortier hydraulique à 1/2, que l'on fabriquera avec le plus grand soin; le soubassement étant la partie du bâtiment le plus en butte aux intempéries; c'est

près des soubassemens que se réunissent les eaux des gouttières; les neiges s'accumulent contre, les gelées agissent plus fortement sur des matériaux imprégnés d'eau, quelles que soient leurs qualités. Les soubassemens méritent donc toute l'attention des constructeurs, et l'emploi des meilleurs matériaux, et du plus parfait mortier.

197. Nous recommanderons particulièrement, et comme une disposition indispensable pour la salubrité, bien qu'elle ne soit aucunement usitée; d'interposer une substance imperméable, entre la maçonnerie intérieure des fondemens et celles élevées.

Ainsi, toutes les fois qu'on aura un bâtiment dont le rez-de-chaussée, et les soubassemens devront être habités, contigus à quelque terrasse, simplement posés sur un sol humide, ou susceptible d'être immergé : comme les mortiers, les briques, et les pierres mêmes, absorbent de l'humidité, qu'elles aspirent souvent l'eau bien au-dessus du niveau où elle peut s'élever; il sera nécessaire d'interrompre la communication des parties inférieures avec les parties supérieures, en maçonnant au moins une assise, et quelque portion de parement contigu aux terres, en composition à chaud (n° 6, art. 178). A mesure qu'on s'élève, les causes de dégradation diminuent, et au sommet des édifices bien couverts, elles sont les plus petites possibles.

198. Aussi pourra-t-on pour le premier étage prendre des mortiers à 1/3 et au-dessous, et pour les plus élevés ainsi que pour les murs de refends, des mortiers ordinaires, ou des mortiers de terre, ainsi que nous l'avons dit (art. 182). L'on couvrira le sommet des murs par une assise maçonnée en composition à chaud, n° 6; ou simplement par une couche de quelques pouces d'épaisseur en forme de chappe, sur laquelle on placera la charpente.

Les combles, les parties extérieures des cheminées et des maisons, seront maçonnés en mortier hydr. à 1/2, pour les parties en contact immédiat avec l'air, et en mortier hydraulique au-dessous, pour les masses qui seront recouvertes; toutes les parties en seront parfaitement tassées, battues, lissées, etc., jusqu'à leur entière dessiccation; et par suite peintes avec des badigeons à froid, n° 1; et les parties voisines du toit avec des compositions à chaud, n° 2.

Les mortiers pour les voûtes dans l'intérieur des bâtimens, ont été désignés (art. 191). Les cheminées qui se construisent souvent en briques de champ, seraient maçonnées en mortier hydraulique actif, et, si l'on voulait les employer de plat avec des mortiers; les fosses et tuyaux d'aisance, les conduits pour les eaux, et toute partie susceptible de souffrir de l'humidité, serait faite

en mortier hydraulique à 1/2, peint autant que possible avec les compositions à chaud : l'on serait certain de n'avoir par la suite aucune espèce de transsudation.

Les enduits élevés pourraient se faire à deux et trois couches ; ceux intérieurs seraient, partout où il n'y aurait ni frottement ni humidité à craindre, en mortiers et stucs ordinaires ; les filets, les moulures, les angles saillans et rentrans, les réglées, seraient faites en mortier hydraulique actif ; et les soubassemens, les corniches, enfin tout ce qui a été fait jusqu'à présent de prédilection avec le plâtre, pourraient être faits avec des cimens ou mortiers hydrauliques à 1/2 actifs ; soit qu'on les peigne ou non avec des compositions.

Les enduits extérieurs, depuis le bas de l'édifice jusque dans le haut, seront faits avec des mortiers hydrauliques ; et l'on doit donner le plus grand soin à la confection des soubassemens et des corniches : les peindre à chaud est de toute rigueur dans les climats rigoureux ou pluvieux.

199. Dans les pays où il fait très-chaud et où les maçonneries sont de si mauvaise qualité (art. 96), on pourrait fabriquer des nappes en paille réunies par de la ficelle ; elles seraient suspendues devant les murs extérieurs, et arrosées soir et matin : l'on pourrait arrêter ainsi les mauvais effets de la dessiccation rapide. Un autre moyen non moins certain,

et qui paraîtra moins étrange, serait de construire toutes les murailles en mortiers hydrauliques actifs; ils éprouvent beaucoup moins les effets de la dessiccation rapide que les mortiers éteints : il faudrait alors bien humecter les matériaux qu'ils lient.

Si l'on avait à construire des maisons, qui ne dussent avoir qu'un certain nombre d'années d'existence, comme on le fait en Angleterre, on pourrait choisir les mortiers et les matériaux dans cette intention, de telle sorte que toutes les parties de l'édifice manquassent ensemble : pour peu d'années, les parties supérieures, même assez rapprochées du sol, peuvent alors être construites en mortier de terre. Dans les beaux climats l'on peut, avec quelques précautions, donner à de pareilles constructions une longue existence : je donnerais pour exemple les constructions faites à Toulouse, Les briques dont sont construites bien des maisons sont reliées par de la terre, les briques de parement seules sont maçonnées avec des mortiers, ou seulement rejointoyées, et souvent peintes à l'huile. Dans les pays moins favorisés de la nature, on pourrait étendre cet usage; mais il faudrait employer des mortiers hydrauliques pour les paremens, les rejointemens et les enduits.

C'est ainsi que dans chaque cas particulier, l'on choisira les mortiers les plus convenables; et comme il y a plusieurs moyens d'obtenir les mêmes mor-

tiers (art. 69 et 70), on ne peut leur accorder une préférence motivée que sur la connaissance des prix, calculés d'après les circonstances des localités, et l'on doit en général employer les mortiers très consistants et les matériaux mouillés.

200. On sait que bien construire, c'est construire avec convenance, solidité et économie.

Or il n'est pas rare de trouver des personnes qui bâtissent solidement; j'en ai vu des exemples qui m'ont émerveillé, et qui m'ont persuadé que le simple bon sens est à peu près tout ce qu'il faut aux praticiens pour remplir cette condition; des travaux gigantesques ont été exécutés en Europe, par des hommes qui n'avaient jamais entendu parler d'étude quelconque; à dire vrai, l'art de construire, tel que nous venons de le définir, n'existe pas encore, il est à créer; car les livres qui traitent de construction, apprennent tout au plus ce qu'on doit savoir pour bâtir avec solidité; si bien que dès qu'un ouvrage reste debout, celui qui l'a élevé s'inscrit en ingénieur consommé, et personne n'est là pour calculer de combien l'ignorance a pu grever la comptabilité.

Construire avec convenance et solidité demande déjà du savoir; bien des personnes qui ont voyagé, vu et comparé, sont très-bons juges en convenance générale; les convenances de détail s'apprennent assez facilement dans les livres. Mais construire avec

convenance, solidité et économie, ne s'apprend nulle part; bien des ingénieurs français se sont formés d'eux-mêmes par la science et l'application; quelques ingénieurs anglais, par le bon sens et l'expérience. Mais en général ces ingénieurs sont rares, même au centre de l'Europe, et dès qu'on s'en éloigne un peu il faut les compter par un. Je citerai en Bavière M. de Klenzé, architecte du roi, ancien élève du célèbre professeur d'architecture de l'école Polytechnique, M. Durand; et M. le général Fabre, ingénieur français, au service de S. M. l'empereur de Russie.

Dans ces trois classes de constructeurs, les premiers ne concevront pas qu'il puisse être nécessaire de lire un gros livre pour faire du mortier, que les manœuvres font parfaitement et sans avoir jamais rien lu; les seconds accorderont qu'il peut avoir son utilité, les troisièmes en reconnaîtront toute l'importance avec les industriels qui raisonnent leurs actions, et veulent en avoir la conscience, avec toutes les personnes qui conçoivent que l'on n'est bon constructeur, que quand on sait élever, avec le plus d'économie possible, des édifices capables de supporter l'examen approfondi des hommes de l'art, et les efforts destructeurs du temps.

FIN.

EXPLICATION

DES PLANCHES.

PLANCHE I.

FOUR A CHAUX DIT A GRANDE FLAMME. ART. 109; FIG. 1, COUPE EN TRAVERS.

1. Canal souterrain qui conduit l'air extérieur sous le foyer par les ouvertures *s* de la voûte.
2. Porte d'entrée du canal.

3 et 4. Pierres à chaux arrangées pour la cuisson.

5. Manière dont s'arrangent les cubes de chaux hydrauliques factices, sur la pierre à chaux 3, dont la voûte est formée.
6. Terrain remblayé, derrière la maçonnerie.
7. Pierre dure, taillée grossièrement à la masse, posée normalement à la courbure du four.
8. Petite maçonnerie de remplissage.
9. Porte du foyer.
10. Retraite ménagée dans la construction du four, pour appuyer le pied de la voûte *b*, en pierres à chaux.

p. Porte pour charger le dessus de la voûte.
l m, Charpente couvrant le dessus du four.

FOURS A CHAUX CONTIGUS. ART. 120. FIG. 3, COUPE SUR *i r*, FIG. 3, PLAN.

p. Portes du four.
a b. Murs de refend en pierres à chaux.
1. Voûte du foyer.
2. Pièces de bois soutenant des fagots avec lesquels on figure la forme de la voûte pour recevoir les pierres à chaux.
3. Pierres à chaux.
4. Briques placées de champ.
5. Chaux hydrauliques factices.
6. Plaque pour faire cuire les cimens.

FOUR A PETIT FEU A BASE CARRÉE. ART. 122. FIG. V.

1. Grille dont on enlève les barreaux pour retirer la chaux.
2. Porte du four 3, couches de pierres, et tourbe.

FOUR A CHAUX A PETIT FEU. ART. 124. COUPE VERTICALE SUR *c d*, FIG. 4; PLAN SELON *a b*. FIG. 4.

1. Ouvertute du cendrier.
2. Tuyau donnant de l'air au fourneau, et conduit du cendrier.
3. Espèce de petit cône en pierre, supporté par la voûte du cendrier, servant à diviser la chaux

cuite en la dirigeant du côté des portes 4, par laquelle on la retire.

4. Petites portes en fonte.

5. Intérieur du four et couches de pierre à chaux et charbon superposé.

6. Barreaux en fer retenant la chaux ; on peut les ôter à volonté quand on veut la retirer du four.

7. Plaque en fonte avec laquelle on ferme le conduit 2, lorsqu'on retire la chaux, et qui, pouvant se tirer à coulisse, donne plus ou moins d'air au fourneau.

8. Brouettes pour recevoir la chaux et la transporter.

9. Galerie intérieure et sortie.

10. Parapet du haut du four.

FOUR A FLAMME RENVERSÉE. ART. 123. FIG. 8; COUPE VERTICALE SUR *ab*. FIG. 7, IDEM SUR *cd*. FIG. 6 PLAN.

ab. Cheminée dans laquelle on jette la pierre à chaux.

c. Foyer et ouvertures qui servent au dégagement de la chaleur qui passe à travers les pierres en les calcinant.

d. Ouverture pour donner de l'air et refroidir les pierres calcinées.

l. Ouvertures pour les tirer hors du four.

f. Foyer à flamme renversée.

i. Sciure de bois pour conserver la chaleur.

FOUR A RÉVERBÈRE POUR TORRÉFIER. ART. 127. FIG. 9, ÉLÉVATION; FIG. 10. PLAN.

i. Porte du foyer.

pq. Cendrier, conduit à air.

ab. Cheminée du laboratoire.

cd. Sole du laboratoire sur laquelle on jette les substances à torréfier.

gk. Tuyau d'appel.

oo. Barreaux de la grille de la cheminée.

f. Porte à brasser.

e. Porte pour retirer les substances à torréfier.

FOUR A TUYAU POUR TORRÉFIER. ART. 128, FIG. 11. COUPE VERTICALE.

i. Grille du foyer.

k. Porte donnant de l'air.

l. Porte du foyer.

ab. Cheminée carré-long par laquelle se dégage la fumée.

gh. Tuyau carré-long en tôle, dans lequel s'écoule la terre, à mesure qu'on la trouve assez cuite.

c. Porte de ce tuyau percée à jour pour que l'air puisse circuler dans l'intérieur.

d. Bassin pour recevoir les cimens cuits.

FOUR A CAISSE POUR TORRÉFIER. ART. 129. FIG. 12. COUPE SUR *a b*. FIG. 13, PLAN SELON *cd*.

tr. Trémie dans laquelle on jette la chaux hydraulique séchée et divisée.

ab. Cheminée en briques, de forme carrée, par laquelle la chaux descend.

ef. Fourneau à réverbère, dans lequel le feu circule, avant de s'échapper par la cheminée *a b*.

gh. Tuyau de tôle aspirateur, qui peut être plus ou moins descendu dans la cheminée *a b*, afin de faciliter plus ou moins le courant d'air.

i. Grille du foyer.

k. Porte donnant de l'air.

l. Porte du foyer.

o. Broches en fer pour régler la descente de la chaux factice.

p q r. Caisse en tôle pour recevoir les chaux à mesure de leur cuisson.

k l u. Ventilateur du laboratoire.

FOURNEAU A PLAQUE A DOUBLE TORRÉFACTION. ART. 130. FIG. 14. COUPE SUR *c d*. FIG. 15, COUPE SUR *a b*.

p. Plaques de fonte d'une seule pièce tenant toute la largeur de la cheminée.

qq et *rr*. Deux tables en tôle maintenues sur deux châssis en fer, et fixées par deux boulons à la plaque *p*.

tu. Tige supportant les extrémités des tables *qr*.

st. Levier servant à élever lentement les tables pour les laisser tomber brusquement, afin d'obliger les parcelles de chaux ou de terres qui cuisent, à glisser sur les tables pour tomber en A.

y. Poignée pour agir sur le levier *st*.

r. Plan incliné sur lequel les chaux ou cimens cuits se rendent dans le réservoir A.

B. Porte pour évacuer les produits calcinés.

C. Porte pour nettoyer ou arranger à loisir le fond du fourneau, élever ou abaisser les tables, afin de donner plus ou moins d'ouverture au bas du tuyau de la cheminée, selon les besoins et la nature des substances que l'on veut cuire.

CUVE POUR ÉTEINDRE LA CHAUX PAR LE 1er PROCÉDÉ. CHAP. VII. FIG. 16. PROJECTION OBLIQUE (ART. 131).

A. Cuve pour éteindre la chaux.

C. Coins servant à incliner la cuve A.

d. Axe du mouvement.

1. Grande fosse pour recevoir la chaux éteinte.

2. Porte en bois qu'on élève pour laisser écouler la chaux dans la fosse 1.

3. Grille en fer, placée à l'ouverture de la cuve A, pour retenir les pierres qui ne seraient pas dissoutes.

MACHINES A PASSER. ART. 141. FIG. 18.

Châssis en fil de fer ou claie en osier, inclinée à 45°, sur laquelle on jette à la pelle la substance à passer.

MACHINE A PASSER, ART. 141. FIG. 18. PROJECTION OBLIQUE.

ab. Cylindre à passer; les substances placées dans trémie *tr*, s'écoulent dans un cylindre *ab*, formé de mailles en fil de fer, auquel un homme donne un mouvement de rotation; les parties fines tombent dans le tambour *be*, qui peut être fermé de toute part; les plus grosses se rendent dans le panier *g*, et sont ensuite reportées aux broyoirs.

PLANCHE II.

MACHINE A IMMERGER LA CHAUX. ART. 136. FIG. 19. PROJECTION OBLIQUE.

tr. Trémie dans laquelle on verse la chaux qui arrive du four, et qui est concassée de la grosseur d'un œuf.

io. Trappe ouvrant et fermant à volonté l'ouverture de la trémie.

pq. Paniers à jour dans lesquels on met la chaux, le panier *q* est dans la position nécessaire pour recevoir la chaux qui est dans la trémie, et le

panier *p* est immergé dans le tonneau *d*, entièrement rempli d'eau.

ef. Petite tige en fer pour maintenir le panier *p*, pendant qu'il est dans l'eau.

bd. Perche pour soutenir le poids du panier.

cc. Soutien de la perche.

MACHINE POUR BROYER ET IMMERGER LA CHAUX, ART. 187. FIG. 20, ÉLÉVATION ET COUPE DE LA CUVE *t*. FIG. 21, COUPE SUR *a*, *b*, *c*, *d*. FIG. 22, COUPE *o p*.

ab. Trémie dans laquelle on verse la chaux sortant du four après avoir brisé les gros blocs, et mis de côté les parties qui ne seraient pas cuites.

P. Noix en fonte pour briser la chaux de la grosseur d'un œuf.

y. Manivelle pour donner le mouvement.

cd. Volant pour le régler.

ef. Roue dentée pour le communiquer.

1, 2, 3, 4, 5, 6 paniers à jours, suspendus sur des axes à la roue A B, et recevant la chaux, au sortir de la trémie et du broyoir.

A B. Roue mobile dont le mouvement est réglé par le broyoir et la différence de poids des paniers 1 et 2, qui sont toujours entraînés dès que les paniers 4 et 5 sont vides.

ij. Petites tiges saillantes, servant à faire basculer complètement le panier 4, qui vide la chaux éteinte dans le tonneau T.

t. Cuve pleine d'eau, dans laquelle se fait l'immersion de la chaux.

E D. Grosses poutres portant tout le système, appartenant au hangar dans lequel il serait établi; à ces mêmes poutres seraient attachées quelques planches légères avec une balustrade, sur laquelle les hommes qui seraient appliqués aux manivelles, pourraient se placer; on ne les a point indiquées dans la figure pour ne pas compliquer les dessins.

F H. Pièce de bois soutenant la roue.

S *x*. Petites planches mobiles pour régler le débit du moulin.

m n. Pièce en fonte pour briser la chaux.

u v. Anneau carré dans lequel est enfermée la pièce *m n*.

k l. Coins pour donner plus ou moins de jeu aux pièces *m n*, qui se rapprochent à volonté de la noix P, afin de broyer la chaux à des grosseurs différentes, selon le besoin.

MACHINE A BROYER LES CIMENS ET LES MORTIERS. FIG. 23, ÉLÉVATION. FIG. 24, COUPE SUR L'AXE DE LA MACHINE. FIG. 25, PLAN, ART. 142.

a b. Plateau en fonte ou en bois, garni de pierres ou de fer.

c d. Engrenage conique, qui met en mouvement l'axe vertical qui entraîne le plateau.

e f. Meules auxquelles le mouvement est communiqué, par leur frottement sur le plateau *a b*.

g h. Axes de ces meules maintenues d'une part par le poteau A, et de l'autre par des tringles en fer *i h*, qui leur permettent de s'incliner pour suivre le mouvement des meules *e f*.

k l. Robinet de la conduite d'eau.

m n. Plaques en tôle fixées au plateau, pour ramener les substances sous les meules.

o p. Tige qu'on élève pour décrocher le tenon *q*, qui maintient la poutre D.

r s. Tige servant à déranger cette pièce D, pour désengréner les roues coniques et arrêter le mouvement.

MACHINE A MÊLER LES CHAUX ET LES MORTIERS HYDRAULIQUES. FIG. 26, COUPE EN TRAVERS. ART. 144.

a b. Tonneau conique.

e d. Axe armé de palettes.

e f. Axe d'un manège qui met en mouvement l'axe *e d.* Les substances se mêlent entre elles, et sortent à volonté par l'ouverture *c*, qu'on peut ouvrir plus ou moins au moyen de la porte *g h*.

MACHINE A BROYER ET MÊLER A MOUVEMENT ACCÉLÉRÉ. ART. 143. FIG. 27, ÉLÉVATION ET COUPE. FIG. 28, PLAN. FIG. 29, COUPE SUR *a b*.

1 *et* 2. Bielles du manège fixées à l'axe creux 3, qui

est traversé par un second axe 6, qui fait marcher la meule.

3. Axe portant une roue dentée 4, qui met en mouvement la roue 5, cette roue le communique à l'axe 6, par la roue 9, et par suite donne un mouvement accéléré à la meule 8.

4. Roue dentée engrenant dans les pignons de la roue 5.

7. Boulets pour diminuer le frottement.

8. Coussinet sphérique, jouant dans deux coussinets carrés qui l'embrassent, de telle sorte que quel que soit le mouvement de l'axe 6, le frottement se produit toujours également par les parties en contact.

L'on peut calculer les diamètres des roues 4 et 5, et celui de la roue 9 dans laquelle elles engrènent, de telle sorte que pour chaque révolution du cheval autour du manège, la meule 8 en fasse un plus grand nombre, selon que les besoins pourront l'exiger.

APPAREIL POUR LAVER LES TERRES. FIG. 30, PROJECTION OBLIQUE. ART. 151.

a b. Tonneau pour délayer les terres.

c d. Rame pour agiter l'eau.

l m. Bondes du tonneau.

e f. Tonneau ou puits dans lequel on prend et l'on rejette l'eau.

gh. Bassin pour recevoir les eaux chargées de terres, qu'on laisse écouler du tonneau *ab*. Ces terres s'y déposent, et l'eau surabondante s'écoule à volonté dans le tonneau *ef* par les ouvertures *ik*, qui ne sont fermées qu'avec de la terre glaise détrempée.

TABLE ANALYTIQUE

DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE.

THÉORIE.

Science de la composition des mortiers.

CHAPITRE PREMIER.

Définition et propriétés de toutes les substances qui peuvent entrer dans la composition des mortiers.

Pages.

1. Extrême variété des pierres calcaires, la chaux (oxide de calcium) se tire des marbres blancs; toutes les chaux dites moyennes, maigres, communes ou hydrauliques, sont des compositions de chaux pure, de sable et de terre.

2. Définition *de la chaux*. Ses propriétés : toujours soluble dans l'eau, faisant les mauvais mortiers, exposée à l'air ou mêlée avec des terres cuites; elle devient insoluble et donne les cimens et mortiers hydrauliques. 2

DES BASES OU SUBSTANCES QUI PEUVENT ÊTRE MÊLÉES AVEC LA CHAUX.

3. On les divise en élémens chimiques agissant sur la chaux, ou *base hydraulique*, et en élémens phy-

Pages

siques et chimiques non agissans, ou *base ordinaire.* 4

Les élémens solubles dans l'eau sont les parties enveloppantes des mortiers ; les élémens insolubles, les parties enveloppées. *Ibid.*

4. Définition *des sables.* Substances minérales en grains insolubles. Leurs propriétés. Ne pouvant rien changer à la nature des parties enveloppantes. 5

5. *Des sablons*, débris des minéraux, en poudre ; pouvant changer la nature des parties enveloppantes. *Ibid.*

6. *Des terres cuites*, mélange de base hydraulique et de base ordinaire ; changent la chaux pure en ciment ou substance insoluble dans l'eau. Leur combinaison peut s'opérer de trois manières. 6

7. *Des terres crues.* Elles contiennent souvent des bases contre-hydrauliques, c'est-à-dire qui nuisent à la solidification des cimens. 7

DU MÉLANGE DES PARTIES ENVELOPPANTES ET DES PARTIES ENVELOPPÉES.

8. *Des mortiers délavés, mortiers pris, mortiers séchés.* Mesure des consistances et des résistances. Les consistances des mortiers sont tout-à-fait dépendantes des parties enveloppantes. 8

9. *Des mortiers.* Mélange avec excès de chaux ou de base ordinaire. Il faut, pour les employer, les amener à l'état neutre ; toujours dissolubles dans l'eau. 9

10. *Des cimens.* Combinaison de chaux et base hydraulique, souvent mêlée de base ordinaire. Ils composent la partie enveloppante de tous les bons mortiers. 10

11. La quantité de base hydraulique combinée avec la

chaux dans un ciment, est en rapport avec le nombre des jours qu'il met à prendre consistance dans l'eau. 10
12. Réciproquement, le temps qu'un ciment met à prendre dans l'eau, est, dans un rapport commun, avec la quantité de base hydraulique qu'il contient. 11
13. *Des mortiers ordinaires*. Mortiers neutres, dans lesquels le minimum des parties enveloppantes est égal à la somme des vides des parties enveloppées. Mortiers employés dans les constructions; le plus mauvais; presque toujours dissolubles dans l'eau. 12
14. *Des mortiers hydrauliques*. Combinaison neutre de ciment et de base ordinaire. 13
15. Toujours insolubles dans l'eau, ces mortiers sont les meilleurs qui puissent être employés pour les constructions, soit à l'eau, soit à l'air. 14

CHAPITRE II.

Études particulières des élémens qui entrent dans la composition des mortiers.

EXTINCTION DE LA CHAUX.

16. On emploie quatre procédés d'extinction. Le premier et le dernier sont les plus généralement utiles. 15
17. *Premier procédé*. Extinction ordinaire : on jette sur la chaux vive une certaine quantité d'eau (art. 131). On la réduit en pâte. Mesure de l'augmentation du volume. Mesure du poids de l'eau absorbée (art. 47). 16
18. *Second procédé*. Extinction par immersion. On plonge la chaux vive dans l'eau pendant quelques secondes ; on la retire, elle éclate en débris et tombe en poudre (art. 134). *Ibid.*

Pages.

19. *Troisième procédé.* Extinction spontanée. La chaux, abandonnée à l'action lente de l'atmosphère, se réduit en poudre. Elle développe alors un peu de base hydraulique, et se change en ciment (art. 138). 17

20. Du choix à faire des trois premiers procédés d'extinction, pour la chaux, les mortiers et les cimens. Table des volumes, etc., etc. (art. 63). 18

21. *Quatrième procédé.* Extinction complexe. Emploi des cimens actifs, c'est-à-dire employés aussitôt que mis en pâte, à la manière du plâtre. 19

22. Table relative; dangers de ce procédé pour les cimens peu hydrauliques (art. 139). 20

ÉTUDE PARTICULIÈRE DES SABLES (ART. 147, ETC.),

23. Les sables sont toujours en grains et supposés purs; ils sont naturels, de rivière, de fouille ou de mer, ou artificiels, de minéraux broyés, de terre. 21

24. Opinions diverses des constructeurs sur les sables. *Ibid.*

25. On emploiera de préférence, dans l'ordre de dureté, les sables de fouille, ceux qui occupent les bords de la mer et des rivières, etc. Leur analyse (art. 56). 22

DES MORTIERS COMPOSÉS PAR LA NATURE.

26. Analogie des mortiers naturels, tels que les cailloux d'Égygte, les granits, les poudings, avec les mortiers ordinaires et hydrauliques. 23

27. Leurs résistances se composent de trois parties: celle des parties enveloppantes, celle des parties enveloppées, celle qui résulte de leur adhésion réciproque. 25

28. De la préférence à accorder aux sables, et de la

Pages.
quantité de parties enveloppantes qui peut leur être mêlée. 26
29. Les meilleurs sont les sables mêlés, et le minimum des parties enveloppantes qui puisse leur être ajouté, pour composer de bons mortiers, est égal à la somme des vides que les grains mêlés laissent entre eux. *Ibid.*
30. Modification d'après la nature de la chaux. 27
31. Modification d'après l'espèce de résistance qu'on veut obtenir; des sables à préférer pour résister à la pression, au frottement, à la traction, etc., etc. 28
32. Moyen pratique de mesurer les intervalles que les grains de sables laissent entre eux. *Ibid.*
33. Les vides des sables varient de 1/7 à 1/2 de leur volume. 29
34. Recherche des proportions suivant lesquelles il faut mêler les sables pour obtenir le plus de masse possible dans un même volume. 30
35. Des proportions rigoureuses des chaux ou cimens qui peuvent être mêlés à des sables à grains égaux. 31
36. Observations relatives au retrait de la partie enveloppante. 32
37. Observations relatives à la grosseur des parties enveloppées. Quand elles sont très-divisées, il faut portions égales de matières enveloppantes. *Ibid.*
38. Proportion pour les sables mêlés qui donnent les mortiers les meilleurs et les plus économiques. 33
39. On peut augmenter les proportions indiquées sans inconvénient; l'économie engage à ne pas s'en écarter. 34

DES POUZZOLANES, OU BASES HYDRAULIQUES MÊLÉES AUX SABLES. (ART. 149, ETC.)

Pages.

40. Les pouzzolanes sont des mélanges de sable et terre cuite qui contiennent des bases hydrauliques.

On peut les extraire des terres, des minéraux; des produits de l'art, exposés à différens degrés de cuisson. 35

41. De la cuisson des pouzzolanes factices. Les terres se torréfient sur une plaque de fer chauffée au rouge. Les briques demandent à être cuites au rouge, etc. 36

42. Le degré de cuisson ne peut se connaître que par l'expérience directe. On doit broyer les pouzzolanes en poudre très-fine, surtout quand les bases ordinaires sont très-peu résistantes (art. 74 et 154). Leur analyse (art. 56). 37

DES CIMENS OU CHAUX HYDRAULIQUES FACTICES.

43. Tout ciment peut s'obtenir en mêlant à froid de la chaux et de la base hydraulique. 38

44. La terre crue, mêlée à la chaux et calcinée avec elle, donne aussi des cimens. *Ibid.*

45. Les mélanges doivent être bien secs, et cuits au contact de l'air et loin du combustible. 39

46. Tableau d'expérience. Le même mélange, par de légères différences dans la cuisson; est, ou n'est pas hydraulique; ainsi, la nature des élémens n'est qu'une des conditions de succès. *Ibid.*

CHAPITRE III.

Comment on peut faire l'analyse pratique des différentes substances qui entrent dans la composition des mortiers.

Ces analyses ont pour but de reconnaître d'une part les propriétés hydrauliques et les volumes des parties enveloppantes, et de l'autre la nature, le volume et les vides des parties enveloppées.

DES PIERRES CALCAIRES.

Pages.

47. *Première épreuve.* Comment on évalue ce qu'elles contiennent de chaux pure. On en juge par le poids de l'eau absorbée. 44

48. Table dressée à cet effet (art. 63). 46

49. Rapport de la chaux à la base en volume. *Ibid.*

50. Différence de volume des mortiers naturels. Ils ne peuvent être mêlés aux mêmes quantités de sables. 47

51. *Deuxième épreuve.* Comment on évalue la base hydraulique, combinée avec de la chaux dans la pierre calcinée.

Immersion de la chaux en pâte dans une eau tranquille, à la température moyenne de 8 à 10 degrés. 48

52. Eprouvette de prise appliquée sur les pâtes immergées. 49

53. Le nombre des jours de la prise indique, la base hydraulique développée ; usage de la table (art. 63); analyse rapide par l'extinction complexe. *Ibid.*

54. Comment, d'après ces deux épreuves, on évalue la base ordinaire contenue dans la pierre calcinée. 50

On prend les rapports en poids pour régler les mélanges des bases hydrauliques, et les rapports en

Pages.

volume pour régler les mélanges avec les bases ordinaires. 51

55. *Troisième épreuve.* Comment on évalue les élémens physiques ou parties grenues contenues dans la pierre calcinée éteinte. Ces trois épreuves donnent l'analyse complète des pierres à chaux. 52

EXAMEN DES SABLES ET DES TERRES.

56. Toute substance à mêler aux chaux : pouzzolanes, naturelles, ou factices, terres, sables, etc., etc., sera divisée en partie grenue et en poudre, qui seront mises à part : on peut opérer par la voie sèche. 53

57. On peut opérer par le lavage, et diviser les sables par grosseurs à peu près égales avec des cribles ou passoires. 54

58. Épreuves auxquelles il faut soumettre les poudres que l'on a séparées des sables. Trois épreuves de cimens factices, une à chaud, deux à froid : on évalue ce qu'elles contiennent de base ordinaire, de base hydraulique ou contre-hydraulique. 56

59. La manipulation des essais doit s'opérer de la même manière qu'en grand, sans plus de sujétion ni de soin. 58

60. Méthode abrégée pour faire sans calcul l'analyse complète des mortiers et des cimens. Table relative, page 62. La chaux pure coûte trois fois plus, extraite des mortiers à 1/72, que de la pierre à chaux pure. 59

61. Explication relative à la table des cimens. 60

62. Ils contiennent presque toujours des bases ordinaires, en quantités variables, auxquelles on doit

Pages.

avoir égard lorsqu'on mêle ces cimens avec des sablés. 61

63. On peut obtenir des cimens peu hydrauliques par excès comme par défaut de base hydraulique, ce qui explique pourquoi une pouzzolane très-énergique et un ciment hydraulique donnent par leur mélange un mortier peu hydraulique. Les cimens les plus hydrauliques ne sont pas toujours les plus chers. 62

CHAPITRE IV.

COMPOSITION GÉNÉRALE DES MORTIERS.

64. On peut imiter les mortiers naturels en les composant de toutes pièces avec de la chaux et du sable. 63

65. On peut aussi imiter les cimens ; on emploie deux méthodes, l'une à froid en mêlant des terres cuites avec la chaux, l'autre en mêlant au feu la terre crue avec de la chaux, soit calcinée soit à l'état de carbonate. Solution de quatre problèmes, d'après lesquels on peut faire toutes les compositions des cimens mêlés ou calcinés, avec de la chaux ou des mortiers naturels et des terres. *Ibid.*

66. Table de composition relative. Il est beaucoup de cimens qui ne peuvent être mêlés à des sables fins, par l'abondance de leur base ordinaire ; plusieurs même sont avec excès de base et réclament de la partie enveloppante. Une terre doit être au tiers de base hydraulique, pour ne pas donner des cimens avec excès de base ordinaire. 70

67. Grande variété du prix des cimens calcinés et mêlés ; variations nouvelles dans leur mélange avec les sables. 71

Pages.

68. *Composition des mortiers ordinaires*. On peut les composer de toutes pièces avec de la chaux ou des mortiers et des sables. Deux problèmes relatifs, qui sont toujours : étant donné de la chaux, de la base ordinaire, et du sable, composer un mélange sans vide ; et les deux solutions se réduisent à mêler, par la pensée, la base ordinaire avec le sable, à en conclure le vide qui lui reste, dont la somme indique précisément levolume minimum de chaux. Les mortiers au demi ne peuvent servir de parties enveloppantes qu'à des sables gros, etc., etc. 71

69. *Composition des mortiers hydrauliques*. On peut les composer de toutes pièces avec des cimens naturels, calcinés, ou mêlés ; les proportions de sable qu'ils comportent et leurs prix sont excessivement variés. Problème et solution générale qui consistent toujours à réunir les sables et les bases en poudre, dans une proportion telle que la partie enveloppante soit précisément égale à la somme de leur vide. 75

70. Composition avec des sables à 1/2, et à 1/3 de vide. 76

71. Variation infinie du prix des compositions de chaux cimens mêlés aux bases. Volumes aussi variés. Résistances à venir dans l'air et dans l'eau. Preuves de l'insuffisance des anciennes dénominations. 77

72. Tableau général de composition des mortiers. 78

MANIPULATION DES MORTIERS.

73. La qualité des mortiers est dépendante de la composition et de la manipulation ; elle doit varier avec la nature des composans. Il faut, autant que possible, mêler la partie enveloppante aux parties enveloppées, par ordre de grosseur ; il faut broyer les mor-

Pages.

tiers qui fusent mal, et surtout ceux qui ne fusent pas. Il importe de bien diriger la manipulation des cimens. 79

74. Manipulation des mortiers hydrauliques. Broyer les cimens à part. Exemple d'une pierre calcinée qui n'était hydraulique qu'après avoir été broyée. Les pouzzolanes doivent aussi être très-divisées, mais broyez toujours sans la présence des sables. Pour les mélanges il faut user de la machine à mêler. Broyer et calciner sont deux puissans moyens de faire développer de la base hydraulique aux minéraux, et par suite la base de la bonne confection des mortiers hydrauliques. 82

CHAPITRE V.

RÉSISTANCE DES MORTIERS.

DES DIFFÉRENTES MANIÈRES D'ÉVALUER CETTE RÉSISTANCE POUR LES MORTIERS AU MOMENT DE LEUR CONFECTION.

75. De l'état liquide à l'état très-pâteux, quatre degrés de consistance. Le mortier par le repos acquiert une consistance plus forte, qui sera nommée résistance; on en a fait trois degrés : le mortier aux 2e et 3e degrés de résistance ne peut plus se joindre à moins qu'on ne le rebroie.

Avec le temps, les mortiers hydrauliques placés sous l'eau acquièrent une résistance qui constitue l'instant de la prise, on le reconnaît lorsqu'ils résistent sans dépression au poids de l'éprouvette de prise. Les consistances et les résistances s'évaluent également par des éprouvettes, qui en sont les mesures, et sans lesquelles on ne peut bien fabriquer les mortiers. 87

Pages

POUR LES MORTIERS LONG-TEMPS APRÈS LEUR CONFECTION.

76. Des diverses résistances des corps. On peut conclure approximativement, toutes les résistances relatives, de la pénétration d'une pointe et d'un foret. 89
77. Résistance absolue des mortiers, comparée à celle de la bonne brique. 92

RECHERCHES

SUR L'INFLUENCE DES CONSISTANCES ET DES RÉSISTANCES DES MORTIERS AVANT L'IMMERSION, AINSI QUE SUR L'EMPLOI DES CIMENS ACTIFS.

78. Tableau des recherches. 93
79. Observations. On obtient la prise la plus prompte par les cimens actifs. 96
80. L'extinction par immersion nuit aux cimens hydrauliques. *Ibid.*
81. L'extinction spontanée, de même; exception pour les cimens actifs. 97
82. Les délavemens, les faibles consistances, nuisent aux mortiers. *Ibid.*
83. Les cimens actifs immergés chauds perdent leur qualité. 98
84. Immergés froids, ils acquièrent des résistances imprévues. Difficultés que présente l'emploi des cimens peu hydrauliques actifs. *Ibid.*
85. Règles déduites des expériences. 99
86. Le contact de l'air et l'agitation peuvent rendre aux mortiers délavés une partie de leur qualité. *Ibid.*
87. On doit conserver les mortiers hydrauliques en les réduisant en poussière. Le temps les éteint par le 3e

Pages.

procédé, on peut en arrêter l'action en les couvrant ou en les mettant en baril. Les employer en broyant et par l'extinction complexe. 100

88. Le tableau (art. 78) donnera l'instant de la prise d'un mortier quelconque, même avant son immersion, et la table (art. 72) sa résistance à venir. Moyen de prévoyance approximative, qui peut être très-utile aux constructeurs. (art. 164.) *Ibid.*

RECHERCHES.

INFLUENCE DES RETARDS APPORTÉS DANS L'EMPLOI DES MORTIERS EXPOSÉS AU CONTACT DE L'ATMOSPHÈRE.

89. Influence des trois procédés d'extinction. 101

90. Des Mortiers rebroyés. 102

91. Même expérience sur des mortiers conservés dans l'eau. 105

92. Résultats variés. *Ibid.*

93. Règles déduites; les cimens perdent à attendre; ils peuvent se conserver en pâte autant de jours qu'ils en mettent à prendre dans l'eau. Les chaux et cimens à 1|4 gagnent à attendre, à sécher, à être rebroyés. 107

94. L'instant de la prise des mortiers rebroyés ne peut servir pour juger des résistances à venir, car il y a déjà de la base ordinaire, inconnue, de reproduite. *Ibid.*

95. Influence de la manipulation. Modifications pour les cas où l'on n'aurait pas de machine à broyer. Les mortiers perdent toujours à attendre. 108

INFLUENCE DE LA DESSICCATION.

96. La dessiccation rapide nuit aux mortiers; effets des dessiccations lentes et moyennes. Avantage de la des-

siccation ménagée. 10
97. Des circonstances qui peuvent contribuer à hâte la dessiccation. 11
98. Du temps nécessaire pour que les mortiers aient acquis toute leur résistance. 11

INFLUENCE DES INTEMPÉRIES.

99. Elles sont favorables aux mortiers exposés à l'air. Résumé des expériences faites en Russie sur l'influence de la gelée. 11
100. Progrès successifs de la résistance des mortiers submergés. 11
101. Influence des eaux courantes : les mortiers très-hydrauliques peuvent seuls y résister. 11

RÉSISTANCE DES MORTIERS ANTIQUES.

102. Nos ancêtres faisaient d'aussi bons mortiers que les anciens. 11
103. Le temps n'est pas la seule cause de la résistance des mortiers. 11
104. Résistance des mortiers comparée à celle des pierres. *Ibid.*
105. Des mortiers hydrauliques bien faits, après trois ans, peuvent être aussi résistans que des mortiers antiques; leur résistance maximum est celle du calcaire tendre, de la brique bien cuite. 11

SECONDE PARTIE.

APPLICATION.

Procédés pratiques, de l'art de confectionner les chaux et les mortiers et d'en bien diriger l'emploi.

CHAPITRE VI.

Des pierres et des fours à chaux.

Pages.

106. Difficultés que présente l'application de découvertes nouvelles. 119

107. Reconnaissance des pierres à chaux. Les analyses minéralogiques et chimiques ne prouvent rien ; on peut, il est vrai, s'assurer par les acides que la pierre est un carbonate ; mais on ne peut rien conclure que par les épreuves directes (art. 47 et 51), attendu que leurs qualités dépendent non-seulement de la eomposition, mais encore de la manipulation. 121

108. De la calcination des pierres calcaires ; le temps nécessaire dépend de la grosseur et de la nature de la pierre ; il reste beaucoup à faire sur cet article. De divers moyens employées jusqu'à présent pour calciner les calcaires en masse, en débris, en poudre. 123

109. *Des fours à grandes flammes*. Ces fours doivent économiser le temps, la peine et le combustible. Ils consomment le bois, la tourbe, les bruyères, etc. On les enterre dans le sol pour éviter la poussée au vide ; on leur donne une forme ovale allongée, fig. 1, et parfois beaucoup plus encore ; manière de les exé-

Pages.

cuter; sortes de matériaux; on doit les abriter pour obtenir de l'égalité dans la cuisson. 127

110. Manière de charger le four; distribution des pierres d'après leur grosseur; petite porte de service. 130

111. Des fours à jours en dessous, pour accélérer la combustion; tuyaux d'appels intérieurs à la charge. 132

112. Conduite du feu. On commence à très-petit feu; changemens successifs de la pierre; gradation du feu. 133

113. Comment on reconnaît que la fournée est suffisamment calcinée; essais à faire éprouver à la pierre; perte causée par les pierres incuites, les surcuites, et les pierres saisies par le feu. Précautions à prendre pour les éviter. 134

114. Les combustibles à préférer sont ceux qui donnent plus de flamme. 136

115. Préparation des bois verts ou flottés. *Ibid.*

116. Temps de cuite d'une fournée; bon emploi de divers combustibles. 137

117. Déchargement du four; temps voulu pour une fournée; bois employé. 138

118. Causes d'incertitude. *Ibid.*

119. Détail estimatif d'une fournée cuite à grandes flammes. 139

120. *Des fours périodiques contigus et à grandes flammes.* *Ibid.*

121. Ils présentent plusieurs avantages; simplicité de construction, facilité de service, économie de combustible et d'entretien; manière d'utiliser toute la chaleur produite. Nouvelle disposition pour employer le calorique de la chaux dans son refroidissement. 140

Pages.

122. *Des fours à grilles*. Ces fours sont propres à brûler de la tourbe, des charbons de bois, etc., ainsi que tous les combustibles qui donnent peu de flammes et beaucoup de cendres; petit four économique. 143

123. Des fours à grandes flammes à calcination continue. Description du four de M. de Rumfort; ses avantages. 145

124. *Des fours à chaux à petit feu*. Le combustible est placé par couches alternatives en contact avec les pierres; ils sont chargés par le sommet; déchargés par le bas et sans cesse en combustion. Commencement de la charge, grosseur des pierres, épaisseur des couches; direction du feu; encombrement de la grille; descente inégale des pierres. Lance, cheminée d'appel. Le charbon et la pierre se mesurent au panier. Chaume du four; les pierres non cuites peuvent se remettre au four; vente des cendres. 147

125. Estimation du prix du pied cube de chaux. 152

126. Les fours à petit feu peuvent s'employer pour des calcinations périodiques. Cette méthode dépense beaucoup de combustibles, mais elle peut économiser le temps des chaufourniers. 153

127. Des fours à torréfier; fours à réverbère, propres à la calcination des matières à l'état de débris, sable ou poudre. 154

128. Four à tuyau pour torréfier les poudres. 155

129. Four à caisse pour torréfier les débris. Tuyau d'appel. 156

130. Four à plaques à torréfaction double, pour les poudres et les débris (art. 162); ses avantages pour

Pages.
la calcination des pouzzolanes et des cimens factices. (Perfectionnemens, art. 162.) 158

CHAPITRE VII.

MACHINES ET PRÉPARATIONS DES ÉLÉMENS.

De la manière d'opérer les quatre procédés d'extinction.

131. *premier procédé.* Extinction ordinaire; les maçons l'exécutent mal et délavent la chaux. Cuve d'extinction, mesure pour l'eau et la chaux. 161

132. Manutention; fosse pour recevoir la chaux éteinte, tonneau à éteindre, moyen vulgaire d'extinction. 162

133. Extinction des cimens, broyer est souvent nécessaire. 164

134. *Second procédé.* Extinction par immersion. 165

135. On brise la chaux, on l'immerge; elle se délite dans des tonneaux. *Ibid.*

136. Machine pour faciliter l'immersion. (Voyez les fabrications en grand, art. 175.) 166

137. Machine pour briser et immerger. 168

138. *Troisième procédé.* Extinction spontanée. La plus mauvaise chaux, la chaux pure et grasse, se change en ciment par l'extinction spontanée. Hangar pour la faciliter. 171

139. *Quatrième procédé.* Extinction complexe; son utilité. Réduction des cimens très-hyd. en poudre par les deuxième et troisième procédés d'extinction, et par les machines à broyer, à passer. Moyen de les conserver, de les expédier. Manière de les employer sur le chantier. Instrumens nécessaires, manutention soit isolée, soit avec du sable.

Pages.

Méthode d'extinction complexe économique, pour les cimens actifs, premier procédé ; deuxième méthode pour les cimens actifs, deuxième et troisième procédés d'extinction. Méthode russe. 173

140. *Machines pour manipuler les cimens et les mortiers.* Séparation des pierres à chaux incuites, des parties éteintes ; en les broyant à part, elles peuvent donner de la base hydraulique. Pierre à chaux de Narva, qui bien broyée donne un ciment à 1/72. 179

141. *Machine à passer.* Treillis pour les petits ateliers. Masses et pilons pour broyer ; cylindre en treillis, blutoir en toile métallique pour tamiser la chaux. 181

142. *Machine à broyer et à mêler,* à plateau mobile, propre à broyer les cimens naturels ou factices, les terres, etc. 183

143. *Machine à mouvement accéléré,* et roue conique propre à broyer la chaux et à mélanger les mortiers. 185

144. *Machine a mêler,* tonneau avec un axe mobile portant des palettes, mu par un cheval. Tonneau pour mêler des mélanges de fortes consistances. 187

145. *Machine à broyer les pouzzolanes.* Meules lourdes et mobiles, bocards, et mortier à fond grillé. Emploi de ses deux moyens. Macération des substances à réduire. Nouvelle machine à exécuter. 188

146. *Machine à tamiser.* Tamis et blutoirs. Moyen pour tamiser par la ventilation. 190

147. *Préparation des sables.* Recherche pour composer par de simples mélanges ; les sables à préférer ; cas d'après lesquels il faut passer, laver, trier. *Ibid.*

148. Appareil pour laver et trier les sables. Tonneaux

Pages.

à tamis intérieurs, oscillant sur un axe ; lavage. Observations et préférence. 192

149. *Fabrication des pouzzolanes artificielles*. Séparation des élémens, examen des sables, essais des poudres, cuisson des matières en masse. 194

150. *Préparation des terres* propres à fournir de la base hydraulique. Les terres argileuses sont à préférer. Leur séparation à sec d'avec les sables et les pierres; leur séparation par le lavage. 195

151. Appareil pour laver les terres, tonneau et bassin à déposer. Bassins en ressauts pour recueillir des terres de diverses ténuités. 197

152. Préparation des terres pour faire des pouzzolanes artificielles; tous les minéraux susceptibles d'être réduits en poudres impalpables peuvent en fournir. 199

Des sables calcaires mêlés à de la terre, pourraient, étant calcinés, donner de suite un ciment tout préparé.

153. Si le sable n'est pas calcaire, on peut torréfier les terres; manière d'opérer; inconvénient que présentent les terres très-divisées; four nouveau qui pourrait les diminuer. Manière de chauffer; dessiccation lente obligée. Divers procédés pour diviser les terres en fragmens poreux, moulage des terres pour être cuites dans les fours à chaux; nécessité absolue de bien broyer les pouzzolanes factices, avant de les mêler à la chaux. 200

154. *Détail estimatif* de la pouzzolane de terre argileuse. Observations. 203

CHAPITRE VIII.

Fabrication des cimens ou chaux hydrauliques factices.

Pages.

155. Ce qui peut conduire à fabriquer des cimens factices. On peut fabriquer ces cimens d'après trois principes différens qui donnent lieu à diverses méthodes; toutes sont utiles et applicables selon les cas. 205

156. *Fabrication à froid des cimens factices*, en mêlant la chaux à des bases; ordre de la manipulation; comment on peut la livrer au commerce. Nécessité d'envoyer le titre et la composition du ciment avec la facture. 207

157. *Fabrication à chaud des cimens factices par une double calcination.* Mélange de la chaux éteinte par le premier procédé avec la terre crue; dosage; mélange intime des deux composans : on moule en prismes. 208

158. Fosse à doser et à macérer, mélange à la machine, moulage en brique d'après la manière anglaise, dessiccation, etc. 210

159. Cuisson ordinaire au sommet des fours à chaux. . 211

160. Détail estimatif des cimens factices, ils coûtent plus que la chaux pure : ce qui conduit à chercher une méthode de fabrication nouvelle. 212

161. *Fabrication à chaud rapide et économique par cuisson et torréfaction.* Dispersion des pâtes de chaux et terre crue sur le sol. Réduction en débris par une machine à rouler les terres. 214

162. Dessiccation rapide des pâtes par l'emploi des chaux actives, torréfaction des cimens, leur perfectionnement, four à ventilateur. Mouvement im-

Pages.

primé aux poudres, et débris à torréfier, emploi de la chaleur dégagée par leur refroidissement. 215

163. Détail estimatif, ces produits seraient moitié meilleur marché que par la première fabrication à chaud. 219

164. *Transformation directe de la pierre calcaire en cimens factices*, par une seule calcination. Il faut broyer le calcaire en poudre. Mélange de la poudre calcaire avec la terre crue. Mise en prismes ou en débris ; cuisson ordinaire. 221

Mieux vaut broyer parfaitement les deux composans. Pâte liquide, déposée dans des bassins, réduite en débris ou poudre, et fortement torréfiée, ou cuite dans les fours continus avec des charbons. Ce procédé est très-économique. Observations importantes. 223

CHAPITRE IX.

MÉTHODE D'APPLICATION.

Les industriels doivent, selon leur position, se former une méthode d'application ; on va, dans différentes hypothèses, indiquer la marche à suivre ; en supposant qu'on soit convaincu de l'utilité qu'on peut retirer de la bonne fabrication des mortiers, que les principes sont clairs et propres à donner naissance à ce nouvel art, qu'il peut se développer partout où l'on trouve des élémens de composition.

Il en coûtera du travail comme pour le premier établissement de toute nouvelle industrie. On doit former des ouvriers particuliers pour l'emploi des mortiers hydrauliques. Les petites fabriques seront toujours moins avantageuses que les grandes. 225

MÉTHODE D'APPLICATION POUR LES INDUSTRIELS EXPLORATEURS.

Pages.

165. Recherches des matériaux, principes qui doivent guider. Ce qu'il doit en coûter de peine pour se rendre compte et faire un choix. Utilité d'une méthode expéditive de reconnaissance préliminaire. 228

166. *Fabrication en petit*, qui atteint ce but. Des moyens qu'on doit employer soit en repos, soit en voyage, *pour cuire et torréfier* : fourneau à air, coffret en tôle. *Pour laver;* vases à cet effet. *Pour passer;* toile métallique et crible. *Pour comparer en volume;* vases et jauge. *Pour peser;* balance et manière d'opérer. *Pour broyer,* marteau et pilon. *Pour immerger,* tiroirs qui tiennent l'eau. *Pour malaxer,* table et couteaux. *Pour mouler les essais,* vases, pots ou verres; leurs inconvéniens; cercles en papier huilé; essais moulés en disques. 231

Nombre des essais qu'on peut être conduit à immerger, pour analyser seulement trois élémens. Attention journalière pour juger de leurs progrès dans l'eau, journal indispensable. 240

On n'examine avec tant de soin que les élémens résultant d'un premier choix; en première reconnaissance, on agit par la méthode rapide. La nature variée des minéraux et les effets presque aussi variables que produit sur eux la manipulation, s'oppose à ce qu'on puisse ramener l'analyse des parties enveloppantes à plus de simplicité. La question de leur mélange avec les parties enveloppées est sans aucune difficulté. Les sable et bases qui peuvent résister de 70 à 1 sont analysés à part : la résistance présente et à venir des mélanges est fonction des ré-

Pages.

sistances particulières des parties enveloppées et enveloppantes. Il est impossible de juger des résistances variées des mortiers, par celles des mélanges ; la présence des bases masquant les qualités des parties enveloppantes. Table pour estimer de suite les résistances à venir des mortiers à sable siliceux ; comment on peut l'étendre approximativement à tous les cas pour la facilité des praticiens. 245

MÉTHODE D'APPLICATION POUR LES FABRICANS ET LES CONSTRUCTEURS.

168. Opération en grand sur les matériaux recueillis, avec les machines à disposition ; sur les pierres calcaires, sur les sables, sur les terres, les cimens, sur les mortiers ordinaires et hydrauliques. 247

Différens avis relatifs au commerce et à la fabrication des mortiers. Qualités, prix sur place, transport, d'après lesquels on peut en diriger l'exportation ; pour quel lieu. Les fabricans doivent tirer parti de tous les élémens, même des démolitions. Partout où il y a de la chaux, les cimens coûtent toujours plus cher, mais leur qualité très-supérieure en rend l'emploi économique. 252

POUR LES DIRECTEURS DE TRAVAUX.

169. Les directeurs feront les analyses. Procès-verbal détaillé, à conserver dans les chefs-lieux ; manière de faire les devis. Responsabilité de la manipulation laissée aux entrepreneurs ; réception des cimens sur leur essai direct. 254

POUR LES PARTICULIERS QUI FONT BATIR OU RÉPARER.

170. On doit choisir les meilleurs matériaux, pierres,

Pages.

briques, etc., et le plus parfait ciment pour les lier. Les meilleurs mortiers étant définis, les propriétaires doivent s'assurer par eux-mêmes qu'on leur en fournit. Ce qu'ils doivent exiger des entrepreneurs. Manière de reconnaître si les mortiers ont la qualité convenue. Ordre des études indispensables à faire lorsqu'on veut diriger soi-même les ouvriers. Elles sont excessivement simples dans chaque cas particulier. 257

171. Pour les administrateurs. Encouragez, éclairez, publiez les reconnaissances faites; en faire connaître les avantages. 261

COMMENT ON PEUT FAIRE L'ANALYSE DES FORMULES EMPIRIQUES.

172. Les formules empiriques ont été utiles, leurs auteurs ont rendu de grands services; mais lorsqu'une science est faite, il importe, pour ne pas en retarder les progrès, de faire renoncer aux formules qui l'ont précédé. Depuis les découvertes de M. Vicat, les idées formulaires n'ont servi qu'à embarrasser. 262

Analyse d'une formule empirique récente, quelle source d'erreurs peuvent ressortir du vague de son énoncé. Elle est sans but, sans utilité. On trouve par l'examen que les proportions qu'elle indique ne sont même pas les meilleures possibles pour le cas particulier cité. Combien il est essentiel que les hommes instruits adoptent définitivement une manière de s'entendre et d'analyser, qui puissent rendre enfin leurs efforts utiles à la société. 265

173. *Fabrication et manipulation en grand.* Ordre à suivre dans les opérations, renvoi aux articles à consulter. 268

Pages.

174. *Arrangement particulier d'un grand atelier*, pour la fabrication des mortiers. Ordre à établir dans les machines, les mesures, les élémens, les mélanges. Combien ils seront variés. Noms particuliers à leur donner. Marche des manipulations dans les mélanges; du chef d'atelier, des pointes de résistance à établir pour les mortiers à sable, gravier, blocaille, d'après les éprouvettes données pour les cimens (art. 75). 270

Fabrication en grand de cimens éteints par immersion fondée par MM. Olivier; seau à fond mobile pour l'immersion, chambre voûtée pour recevoir le ciment immergé. Trémie de fond qui le distribue dans des blutoirs et dans les sacs d'expédition. Toutes les idées et les machines qu'on trouve dans cet ingénieux appareil pourraient en détail avoir été tirées de ce traité.

CHAPITRE X.

De l'emploi de la chaux, des cimens et des mortiers en général.

EMPLOI DE LA CHAUX ET DES CIMENS.

175. *La chaux* éteinte seule devient très-dure; difficultés d'emploi que présente le retrait; elle peut servir à carreler, à faire des aires. Particulièrement propre aux stucs. 276

176. *Les cimens* seuls ne sont pas aussi durs que la chaux, mais ils résistent mieux avec le temps. Les cimens peuvent être employés comme le plâtre et pour les mêmes travaux. Des divers perfectionnemens que cette propriété des cimens doit apporter

Pages.

dans plusieurs arts. Vases, stucs, ornemens, marbres factices, pierres lithographiques, etc. 278

177. *De la chaux mêlée à des matières étrangères.* Pour rendre les surfaces impénétrables à l'eau, au vent, et les mettre à l'abri de la gelée. 281

178. N. 1. *Peintures à froid.* Il n'est pas de peuple qui n'ait un badigeon pour assainir les habitations. 282

N. 2. *Peintures à chaud.* Ces sortes de peintures sont moins usitées, elles demandent plus d'industrie pour être employées. 283

N. 3. *Mastic à froid*, propre à ragréer les surfaces soumises à l'action de l'eau. 284

N. 4. *Mastic à chaud* défendant long-temps de l'action de l'eau et de la gelée les maçonneries qui en sont imprégnées. 285

N. 5. Enduits à froid. *Ibid.*

N. 6. Des enduits à chaud. *Ibid.*

179. *Des enduits en mortiers de chaux et cimens.* Ils peuvent s'exécuter aussi bien en mortier qu'en plâtre. Cependant il y a des pays dans lesquels on leur ajoute des poils d'animaux. L'emploi des cimens actifs peut être très-favorable à l'exécution des moulures et des enduits, difficulté d'emploi qu'y trouvent nos maçons. 286

180. Description des instrumens et des moyens employés dans le nord pour exécuter les enduits en mortiers hydrauliques. De la palette du maçon stucateur. Peinture des enduits. 287

181. Des enduits extérieurs, toujours composés d'une seule couche. Manière de les appliquer, pour qu'ils aient une longue durée. 289

Pages.
Peinture à chaud et à froid des enduits exposés aux attaques des eaux et des gelées. 293

DES MORTIERS EMPLOYÉS COMME MOYEN DE LIAISON DE LA MAÇONNERIE DE BLOCAILLES.

182. Les mortiers communs peuvent être remplacés par les mortiers de terres liantes, il n'est de bons mortiers à l'eau et à l'air que les mortiers hydrauliques. *Ibid.*
183. *Des murs.* De la maçonnerie de blocaille chez les anciens ; on en fait encore usage dans le midi de l'Europe. On peut massiver les mortiers. 295
184. *Des aires.* Il serait avantageux de substituer partout des terrasses aux toits. Terrasses primitives encore en usage en Crimée et en Finlande ; terrasses d'Italie. 298
185. Comment on pourrait construire des terrasses modernes. Châssis en charpente, réseaux en fil de fer, couches de bétons massivées et enduit à chaud. Bassins, cuves, fosses, etc. 300
186. *Des pierres factices* doivent être faites en mortier hyd., tenues un an ou deux sous terre, imprégnées d'eau et toujours comprimées. 302
187. *Des bétons*, leur composition et leur usage variés. Leur résistance, quels sont les plus économiques. Machines à mêler. 303
188. Des procédés en usage pour couler les bétons dans l'eau ; emploi d'une trémie. Détails d'exécution ; emploi d'une caisse et de prismes de mortier hyd. ; ces deux procédés sont l'enfance de l'art. 305
On peut égaliser et presser le béton, mais on ne doit

Pages.

jamais le battre. Emploi des bétons à cimens actifs. Titre des bétons à employer selon les travaux.

189. De quelques nouveaux produits mosaïques; pierre à filtrer, à repasser, à moudre, etc. 310

DES MORTIERS EMPLOYÉS COMME MOYEN DE LIAISON DE LA MAÇONNERIE D'APPAREIL.

190. Les anciens ont fait des constructions dont les élémens n'étaient pas liés entre eux. Les modernes relient les matériaux d'appareil par des mortiers. 313

191. Quels sont les mortiers qu'on doit employer pour les lits horizontaux des pierres de taille ; pour les joints verticaux ; pour lier les voussures des voûtes. *Ibid.*

192. *Maçonnerie de petit appareil,* manière de l'exécuter ; c'est un des modes d'exécution les plus rapides et les plus économiques. 315

193. Employer des mortiers actifs : pour des constructions dans l'eau courante, pour des fondations soumises à des eaux intermittentes. 317

194. Pour faire des travaux d'une résistance instantanée, pour les fondations exposées dans des lieux humides. *Ibid.*

195. Pour éviter les tassemens et réunir de vieilles constructions avec des nouvelles. Principes généraux sur l'emploi des mortiers. 318

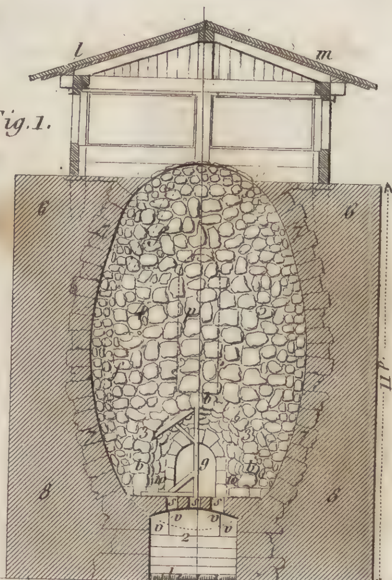
APPLICATION A LA CONSTRUCTION D'UN ÉDIFICE.

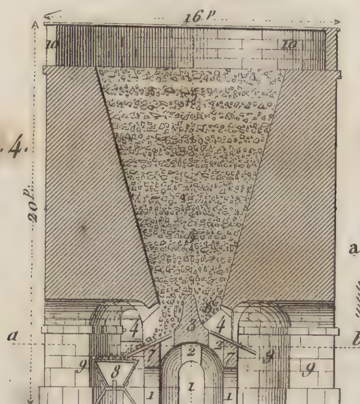
196. Fondemens, caves voûtées, soubassement. 319

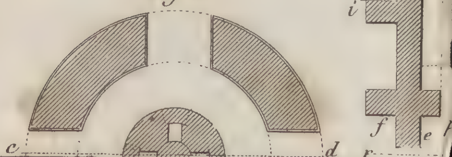
197. Interruption qu'on doit établir entre la partie inférieure et la partie supérieure des murailles par les

Pages.
compositions à chaud, pour éviter la pénétration d'humidité et assainir le rez-de-chaussée. 321
198. Construction des étages supérieurs en mortiers à bas titres ou en terres liantes. Couronnement des murs en composition à chaud. Cheminées, conduites d'eau, fosses, enduits intérieurs et extérieurs, etc. 322
199. Dessiccation ménagée ; rapport de durée entre les édifices et les matériaux employés. 323
200. Bien construire, c'est construire avec convenance, solidité et économie. 325

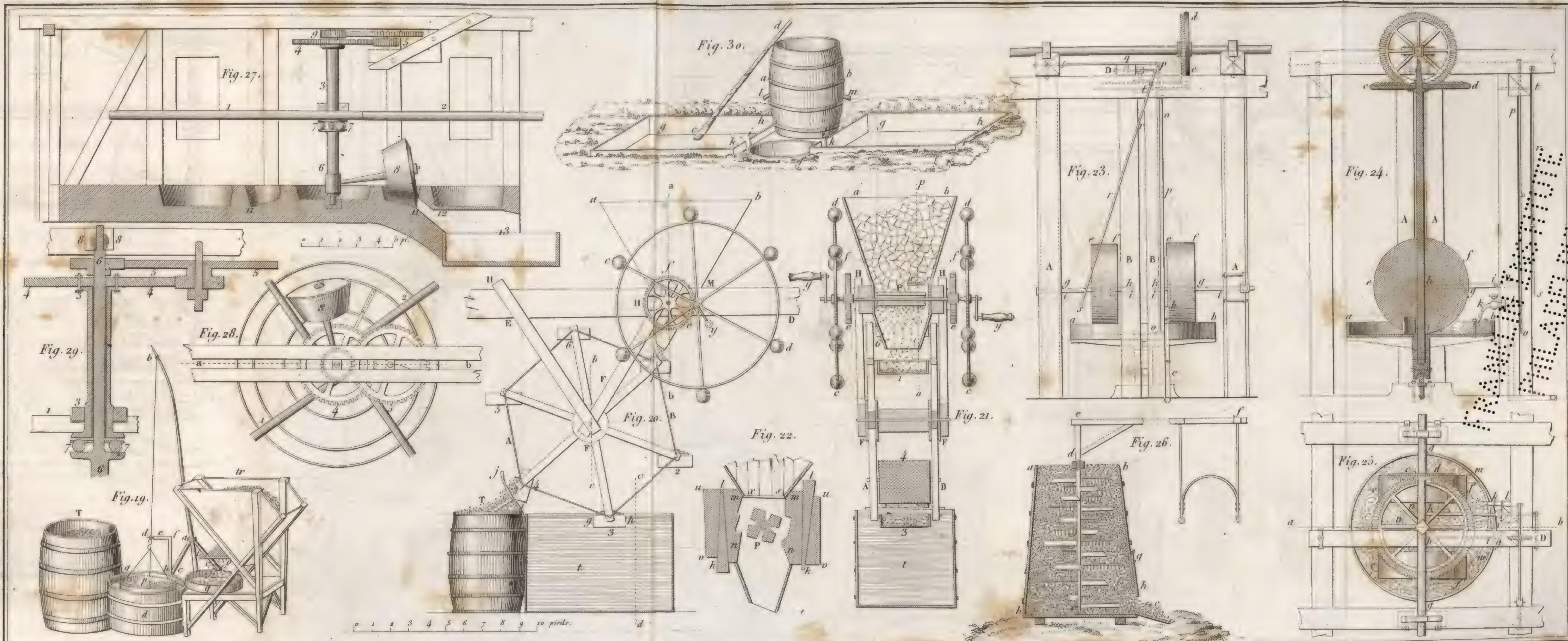
FIN DE LA TABLE.







Raucourt de Ch. del.



Raucourt de Ch. del. S. Botta sc.

Back of
Foldout
Not Imaged

EXTRAIT DU CATALOGUE

DE

LA LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE-INDUSTRIELLE

DE MALHER ET COMP^ie^,

PASSAGE DAUPHINE.

Livres de fonds.

TRAITÉ DE LA CHALEUR et de ses applications aux arts et aux manufactures, par *E. Péclet*. 2 vol. in-8°, et atlas. Prix : 21 fr.

COURS DE CHIMIE, par M. E. *Péclet*, ex-professeur de sciences physiques au collége de Marseille, 1 vol. in-4° de 100 feuilles, orné de 9 planches. Prix : 25 fr.

COURS DE PHYSIQUE, par le même, 1 vol. in-4°, de 68 feuilles, orné de 25 planches. Prix : 30 fr.

TRAITÉ THÉORIQUE ET PRATIQUE DE L'ÉCLAIRAGE, par le même, 1 vol. in-8° orné de dix planches. Prix : 8 fr. 50 c.

HISTOIRE DESCRIPTIVE DE LA FILATURE ET DU TISSAGE DU COTON, ou Description des divers procédés et machines employés jusqu'à ce jour pour égrener, battre, carder, étirer, filer et tisser le coton, ourdir et parer les chaînes, et flamber les étoffes ; traduite de l'anglais, par *M. Maiseau*, traducteur des Manipulations chimiques de *Faraday* ; 1 vol. in-8°, avec un atlas séparé renfermant les dessins de toutes les machines décrites dans le texte. Prix : 15 fr.

Bibliothèque Industrielle.

ART DU CHARPENTIER, suivi de tables du cubage et de la résistance des bois de charpente, par *M. Lepage*, 1 vol. in-12, orné de six planches gravées. Prix : 3 fr. 75 c.

ART DE L'ÉBÉNISTE, d'après des notes et des instructions fournies par M. Albrest, 1 vol. in-12. Prix : 4 fr.

ART DE FABRIQUER LA FAYENCE, recouverte d'un émail opaque blanc et coloré; suivi de quelques notions sur la peinture au grand feu et à réverbère, et d'un vocabulaire des mots techniques, par *M. Bastenaire-d'Audenart.* 1 vol. in-12, orné de planches gravées. Prix : 4 fr. 50 c.

ART DE FABRIQUER LA PORCELAINE, suivi d'un vocabulaire des mots techniques, et d'un traité de la peinture et dorure sur porcelaine, par *F. Bastenaire-d'Audenart.* 2 vol. in-12, ornés de quatre planches gravées. Prix : 9 fr.

ART DU GÉOMÈTRE-ARPENTEUR, ou Traité de Géométrie pratique, contenant la levée des plans, le nivellement et le partage des propriétés agricoles, suivi de l'exposition du système métrique; par M. *P. Guy,* officier d'artillerie. 1 vol. in-12, orné de cinq planches gravées. Prix : 4 fr. 50 c.

ART DU JARDINIER dans la culture des arbres et des plantes potagères; par *A.-B. Mérault.* 1 vol. in-12. Prix : 4 fr. 50 c.

ART DU MAITRE DE FORGES. *Traité théorique et pratique de l'exploitation du fer*, et de ses applications aux différens agens de la mécanique et des arts; par *M. Pelouze*, employé dans les forges et fonderies. 2 vol. in-12, avec atlas. Prix : 10 fr.

ART DU RAFFINEUR DE SUCRE; par *M. Chandelet*, directeur de fabrique. 1 vol. in-12, avec pl. Prix : 4 fr.

ART DU TEINTURIER, suivi de l'art du Dégraisseur; par *M. Bergues.* Prix : 3 fr. 75 c.

ART DU CHAUFOURNIER, BRIQUETIER ET CHARBONNIER; suivi de la fabrication du vinaigre de bois; par *M. Pelouze.* 1 vol. in-12, avec planches. Prix : 4 fr. 50 c.

ASTRONOMIE ÉLÉMENTAIRE, par *A. Quételet*, membre de l'académie de Bruxelles, professeur d'astronomie et de physique de la même ville. 1 vol. in-12, orné de trois planches gravées. Prix : 4 fr. 25 c.

BOTANIQUE DU DROGUISTE et du Négociant en substances exotiques, traduit de l'anglais de Thomson, par *M. Pelouze.* 1 vol. in-12. Prix : 4 fr. 50 c.

CALCULS FAITS A L'USAGE DES INDUSTRIELS EN GÉNÉRAL, et spécialement des mécaniciens, charpentiers, pompiers, serruriers, chaudronniers, toiseurs, etc.; par *M. Lenoir.* 1 vol. in-12. Prix : 4 fr. 50 c.

CHIMIE. Traité abrégé de cette science et de ses applications aux arts; par *M. Desmarest*, pharmacien, ancien élève de l'Ecole Polytechnique. 1 vol. in-12, orné d'une planche gravée. Prix: 3 fr. 75 c.

ÉLÉMENS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE, à l'usage des élèves qui se destinent à l'Ecole Polytechnique, à l'Ecole spéciale de St-Cyr, et à la marine; par *M. Duchesne*, professeur de mathématiques au collège de Vendôme. 1 vol. in-12, avec un cahier d'épures. Prix: 4 fr. 50 c.

FALSIFICATIONS (Traité des), ou Exposé des diverses manières de constater la pureté des substances employées en médecine, dans les arts et dans l'économie domestique; par *M. Desmarest*, pharmacien, ancien élève de l'École Polytechnique. 1 vol. in-12. Prix: 4 fr. 50 c.

GUIDE MANUEL DE L'ÉPICIER-DROGUISTE, contenant par ordre alphabétique les substances simples et composées, les diverses préparations qui sont du ressort de l'épicier-droguiste, et la composition des couleurs et vernis; par *M. Ysabeau*. 1 vol. in-12. Prix: 4 fr.

GUIDE DU VÉTÉRINAIRE ET DU MARÉCHAL-FERRANT, dans la ferrure des chevaux et le traitement des pieds malades, traduit de l'anglais de J. Goodwin, par MM. D. D.; enrichi de notes par *M. Berger*, artiste vétérinaire de la maison militaire du roi. 1 vol. in-12, avec planches. Prix: 4 fr. 50 c.

HISTOIRE DESCRIPTIVE DES MACHINES A VAPEUR, traduit de l'anglais de *R. Stuart*. 1 vol. in-12, avec six planches gravées. Prix: 4 fr. 50 c.

LEÇONS THÉORIQUES ET PRATIQUES sur la plantation, la culture et la taille des Arbres à fruits et de la Vigne, et plus particulièrement celles du Pêcher, ainsi que sur la manière d'en former des pépinières et de les greffer, suivies de quelques idées sur la culture en pleine terre de l'Oranger et du Citronnier, au moyen d'une espèce de serre volante; par *Léonor Lemoine*, praticien, ancien professeur à l'école de taille et greffe, tenue rue d'Enfer. 1 v. in-18. Prix: 2 fr. 50 c.

PERSPECTIVE PRATIQUE, comprenant la perspective linéaire et aérienne, et les notions du dessin liénaire, par *Isabeau*. 1 vol. in-12. Prix: 3 fr. 25 c.

TRAITÉ DE CULTURE RURALE, par *Léocade Delpiere*. 2 vol. in-12. Prix: 8 fr.

MÉTALLURGIE PRATIQUE, ou Exposition détaillée des divers procédés employés pour obtenir les métaux utiles, précédée de l'essai et de la préparation des minerais; par MM. D. et L. 1 vol. in-12, orné de huit planches gravées. Prix : 4 fr. 50 c.

MINÉRALOGIE USUELLE, ou Exposition succincte et méthodique des minéraux, de leurs caractères, de leurs gissemens, et de leur application aux arts et à l'économie; par *M. Drapiez*. 1 vol. in-12. Prix : 4 fr. 50 c.

CORRESPONDANCE MATHÉMATIQUE ET PHYSIQUE, publiée par *A. Quételet*, professeur à l'athénée royal et au musée des sciences et des lettres de Bruxelles, etc.

Le rédacteur s'astreint à la seule obligation de publier tous les ans un volume, format in-8°, d'environ 24-25 feuilles, y compris les planches, par livraison de deux, trois ou quatre feuilles. Le prix de l'abonnement est de (19 fr.).

SOUS PRESSE.

TRAITÉ DE LA FABRICATION DES MORTIERS, ou Description des procédés propres à faire avec toutes les terres les meilleurs et les plus économiques mortiers; par *M. Raucourt*, ingénieur des ponts et chaussées. 2e édition.

170




GETTY CENTER LIBRARY
3 3125 00002 1721